



John
Simmons

Os
100

MAIORES
CIENTISTAS DA
HISTÓRIA



John Simmons

Os 100

MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA





Os 100 Maiores Cientistas da História é, além de um livro singular, obra de referência para o leitor comum que terá o prazer de folheá-la.

Tão informativo e provocador quanto os demais títulos da **COLEÇÃO 100**, o livro tende a gerar discussão e debate, independentemente de ser uma importante ferramenta para a compreensão do mundo científico de nosso tempo e para tornar a ciência acessível a um grande público.

COLEÇÃO 100

AS 100 MAIORES PERSONALIDADES DA HISTÓRIA

Uma Classificação das Pessoas que mais Influenciaram a História.

OS 100 LIVROS QUE MAIS INFLUENCIARAM A HUMANIDADE

A História do Pensamento dos Tempos Antigos à Atualidade.

ISBN 85-7432-027-7



9 788574 320274


DIFEL



John
Simmons

**Os
100**

MAIORES
CIENTISTAS DA
HISTÓRIA





Quem são os maiores cientistas e por quê? O livro **Os 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA** responde tais perguntas, de Arquimedes a Newton, a Einstein e a Hawking. O autor relata a vida e os feitos das personalidades mais influentes no mundo na área da ciência por meio de sumários biográficos que retratam o contexto histórico e científico em que estão inseridos. Levando em consideração a tradição da **COLEÇÃO 100**, John Simmons apresenta os cientistas de acordo com a influência que cada um exerceu para a humanidade.

Selecionadas com a ajuda e as informações de proeminentes cientistas e historiadores científicos, essas figuras representam a maior fonte possível de empenhos e realizações. Constituída de físicos, astrônomos, médicos, químicos, biólogos, psicólogos e antropólogos, a lista inclui aqueles que descobriram as leis de movimento, os princípios da química, a estrutura do átomo, o formato do universo, a evolução da vida, bem como as aflições do corpo e da mente.

Eis uma amostra das personalidades científicas por ordem de classificação:

1. **ISAAC NEWTON**, por estabelecer as leis de movimento e gravidade;
2. **ALBERT EINSTEIN**, pela elaboração das teorias da relatividade;

3. **NIELS BOHR**, por descobrir o funcionamento do átomo;

4. **CHARLES DARWIN**, pela teoria da evolução;

5. **LOUIS PASTEUR**, pela origem da teoria da doença;

6. **SIGMUND FREUD**, pela teoria de motivação inconsciente... e assim por diante até chegar em

100. **ARQUIMEDES**, o venerável grego com quem todos os cientistas modernos têm uma dívida de gratidão.



© Jim Randall

Há mais de quinze anos o nome de
JOHN SIMMONS

está associado ao trabalho de referência da revista Current Biography, para a qual escreve freqüentemente sobre aqueles coroados com o Nobel em ciência. Ele foi o escritor e editor do projeto educacional para a série da PBS em 1988, chamado The Mind, além de ser autor de quatro romances. É membro da New York Academy of Sciences e bacharel pelas Universidades de Northwestern e Long Island University, dividindo seu tempo entre Nova York e Paris.

John Simmons

OS
100
maiores
cientistas
DA HISTÓRIA

**Uma Classificação dos Cientistas
mais Influentes do Passado e do Presente**

Tradução

Antonio Canavarro Pereira


DIFEL

Copyright © 1969 by John Simmons

Título original: *The Scientific 100: a ranking of the most influential scientists, past and present*

Capa: Luciana Mello e Monika Mayer

Editoração eletrônica: Imagem Virtual

2002

Impresso no Brasil

Printed in Brazil

CIP-Brasil. Catalogação-na-fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ.

S611c	Simmons, John C., 1949- Os 100 maiores cientistas da história: uma classificação dos cientistas mais influentes do passado e do presente / John Simmons; tradução de Antônio Canavarro Pereira. — Rio de Janeiro: DIFEL, 2002. 584p. (Coleção 100)
	Tradução de: <i>The scientific 100: a ranking of the most influential scientists, past and present</i> Inclui bibliografia ISBN 85-7432-027-7
	1. Cientistas — Avaliação. 2. Cientistas — Biografia — Cronologia. 3. Ciência — História. I. Título. II. Série.
02-1224	CDD — 925 CDU — 92:5

Todos os direitos reservados pela:

EDITORA BERTRAND BRASIL LTDA.

Rua Argentina, 171 — 1º andar — São Cristóvão

20291-380 — Rio de Janeiro — RJ

Tel.: (0xx21) 2585-2070 Fax: (0xx21) 2585-2087

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra, por quaisquer meios, sem a prévia autorização por escrito da Editora.

Atendemos pelo Reembolso Postal.

Para Clayton & Jocelyne

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	13
INTRODUÇÃO	15
1. Isaac Newton & a Revolução Newtoniana	23
2. Albert Einstein & a Ciência do Século XX	29
3. Niels Bohr & o Átomo	37
4. Charles Darwin & a Evolução	43
5. Louis Pasteur & a Teoria da Doença Causada pelos Germens	50
6. Sigmund Freud & a Psicologia do Inconsciente	57
7. Galileo Galilei & a Nova Ciência	66
8. Antoine Laurent Lavoisier & a Revolução na Química	71
9. Johannes Kepler & o Movimento dos Planetas	77
10. Nicolau Copérnico & o Universo Heliocêntrico	83
11. Michael Faraday & a Teoria Clássica do Campo Eletromagnético	87
12. James Clerk Maxwell & o Campo Eletromagnético	93
13. Claude Bernard & a Criação da Fisiologia Moderna	98
14. Franz Boas & a Antropologia Moderna	103
15. Werner Heisenberg & a Teoria Quântica	109
16. Linus Pauling & a Química do Século XX	114
17. Rudolf Virchow & a Doutrina da Célula.	121

18. Erwin Schrödinger & a Mecânica das Ondas	127
19. Ernest Rutherford & a Estrutura do Átomo	133
20. Paul Dirac & a Eletrodinâmica Quântica	139
21. Andreas Vesalius & a Nova Anatomia	145
22. Tycho Brahe & a Nova Astronomia	151
23. Comte de Buffon & <i>l'Histoire Naturelle</i>	156
24. Ludwig Boltzmann & a Termodinâmica	160
25. Max Planck & os Quanta	165
26. Marie Curie & a Radioatividade	169
27. William Herschel & a Descoberta do Firmamento	175
28. Charles Lyell & a Geologia Moderna	180
29. Pierre Simon de Laplace & a Mecânica Newtoniana	184
30. Edwin Hubble & o Telescópio Moderno	189
31. Joseph J. Thomson & a Descoberta do Elétron . .	195
32. Max Born & a Mecânica Quântica	200
33. Francis Crick & a Biologia Molecular	205
34. Enrico Fermi & a Física Atômica	210
35. Leonhard Euler & a Matemática do Século XVIII	216
36. Justus Liebig & a Química do Século XIX	220
37. Arthur Eddington & a Astronomia Moderna . . .	225
38. William Harvey & a Circulação do Sangue . . .	230
39. Marcello Malpighi & a Anatomia Microscópica .	234
40. Christiaan Huygens & a Teoria de Onda da Luz .	238
41. Carl Gauss & o Gênio Matemático	242
42. Albrecht von Haller & a Medicina do Século XVIII	247
43. August Kekulé & a Estrutura Química	253
44. Robert Koch & a Bacteriologia	259
45. Murray Gell-Mann & o Caminho de Oito Camadas	264

46. Emil Fischer & a Química Orgânica	269
47. Dmitri Mendeleev & a Tabela Periódica dos Elementos.	274
48. Sheldon Glashow & a Descoberta do <i>Charm</i>	279
49. James Watson & a Estrutura do DNA.	285
50. John Bardeen & a Supercondutividade.	291
51. John von Neumann & o Computador Moderno. .	296
52. Richard Feynman & a Eletrodinâmica Quântica .	303
53. Alfred Wegener & o Afastamento Continental . .	309
54. Stephen Hawking & a Cosmologia Quântica . . .	314
55. Anton van Leeuwenhoek & o Microscópio Simples.	319
56. Max von Laue & a Cristalografia pelo Raio X . .	324
57. Gustav Kirchhoff & a Espectroscopia	328
58. Hans Bethe & a Energia do Sol.	334
59. Euclides & os Fundamentos da Matemática	340
60. Gregor Mendel & as Leis da Hereditariedade. . .	343
61. Heike Kamerlingh Onnes & a Supercondutividade	348
62. Thomas Hunt Morgan & a Teoria Cromossômica da Hereditariedade.	353
63. Hermann von Helmholtz & o Crescimento da Ciência Alemã	358
64. Paul Ehrlich & a Quimioterapia	364
65. Ernst Mayr & a Teoria da Evolução	369
66. Charles Sherrington & a Neurofisiologia	374
67. Theodosius Dobzhansky & a Síntese Moderna . .	379
68. Max Delbrück & a Bacteriofagia	386
69. Jean Baptiste Lamarck & os Fundamentos da Biologia	392
70. William Bayliss & a Fisiologia Moderna	396
71. Noam Chomsky & a Lingüística do Século XX . .	401
72. Frederick Sanger & o Código Genético	407

73. Lucrécio & o Pensamento Científico.	413
74. John Dalton & a Teoria do Átomo	417
75. Louis Victor de Broglie & a Dualidade das Ondas/Partículas	422
76. Carl Linnaeus & a Nomenclatura Binomial	427
77. Jean Piaget & o Desenvolvimento da Criança.	432
78. George Gaylord Simpson & a Marcha da Evolução	437
79. Claude Lévi-Strauss & a Antropologia Estrutural	443
80. Lynn Margulis & a Teoria da Simbiose	449
81. Karl Landsteiner & os Grupos Sangüíneos	455
82. Konrad Lorenz & a Etologia.	460
83. Edward O. Wilson & a Sociobiologia	466
84. Edward O. Wilson & as Vitaminas	473
85. Gertrude Belle Elion & a Farmacologia	478
86. Hans Selye & o Conceito de Estresse	484
87. J. Robert Oppenheimer & a Era Atômica	490
88. Edward Teller & a Bomba	496
89. Willard Libby & a Marcação Radioativa da Idade	503
90. Ernst Haeckel & o Princípio da Biogenética	508
91. Jonas Salk & a Vacinação	513
92. Emil Kraepelin & a Psiquiatria no Século XX.	519
93. Trofim Lysenko & a Genética Soviética	524
94. Francis Galton & a Eugenia	530
95. Alfred Binet & o Teste do Quociente de Inteligência (Q. I.)	536
96. Alfred Kinsey & a Sexualidade Humana.	542
97. Alexander Fleming & a Penicilina.	548
98. B. F. Skinner & o Behaviorismo	553
99. Wilhelm Wundt & a Criação da Psicologia	558
100. Arquimedes & o Início da Ciência	563

OMISSÕES IMPERDOÁVEIS, MENÇÕES HONROSAS E PARTICIPAÇÕES	568
AGRADECIMENTOS PELAS IMAGENS E SEUS CRÉDITOS	571
BIBLIOGRAFIA.....	572

AGRADECIMENTOS

É um privilégio poder agradecer aos indivíduos cujos conhecimentos tiveram um papel tão importante no preparo da lista de cientistas cujos perfis estão incluídos neste livro. Na Academia de Ciências de Nova York, Irwin Gitelman, Marguerite F. Levy, Louis Muschel, Margaret A. Reilly, David G. Black e Sylvia Slote, todos reviram a lista que crescia e fizeram sugestões de alto valor. Também desejo agradecer ao encarregado de desenvolvimento da Academia, Craig Purinton, sempre presente com a sua cortesia e ajuda. Devo fazer um agradecimento especial a Adnan Waly, o físico experimental, que forneceu conselhos e uma visão valiosa, baseada na sua própria sabedoria e amizade pessoal com os personagens principais da física no século 20.

Sempre que possível, ofereci aos cientistas contemporâneos uma oportunidade de corrigir erros específicos nos seus perfis respectivos. Por sua ajuda tão simpática, devo agradecimentos a Hans Bethe, Noam Chomsky, Francis Crick, Gertrude Belle Elion, Claude Lévi-Strauss, Lynn Margulis, Ernst Mayr, Frederick Sanger, Edward Teller e Edward O. Wilson. Capítulos individuais foram verificados por David Cassidy, Gale Christianson, Bruce Chandler, Jeff Kohlberg, Sue Massey, Alan Rocke, K. C. Wali e Deborah Weir. Uma leitura sensível de todo o manuscrito, feita por Donald J. Davidson, foi de um valor incalculável. Estou grato a todos e, naturalmente, quaisquer erros que ainda restarem serão devidos somente à minha pessoa.

Durante o trabalho inicial neste projeto, fui inspirado pela leitura do livro *History of Modern Science: A Guide to the Second Scientific Revolution* de Stephen G. Brush, bem como por seu artigo básico, *Should the History of Science Be Rated X?*. O Professor Brush graciosamente revisou a lista destinada a este volume e deu importantes sugestões.

Minha gratidão também é devida a Keith Benson, da Sociedade da História da Ciência na Universidade de Washington. Stephen S. Hall, veterano escritor sobre assuntos científicos, fez recomendações de valor e agradeço também a Ian Boal e Lawrence Creshkoff.

Pela pesquisa de fotografias, minha gratidão a Jocelyne Barque e a Inge King. Por sua paciência e habilidade no encaminhamento do manuscrito na produção, agradeço a Arline M. Cooke. Estendo meus agradecimentos e apreciação também para Fred Korndorf e para meus colegas da Sala de Escritores.

Por mais de quinze anos, na *Current Biography* tive o prazer de trabalhar com Judith Graham, bem como com o seu predecessor Charles Moritz, e aproveito a oportunidade para agradecer-lhes por me terem apresentado a um grande número de pessoas interessantes e, entre elas, vários cientistas.

Finalmente, não podia ter encontrado em toda a indústria das publicações um editor melhor do que James Ellison.

INTRODUÇÃO

Neste volume encontram-se descritos os perfis dos personagens da ciência que influenciaram na construção do mundo contemporâneo de maneira penetrante e duradoura. Eles formularam as leis do movimento, descobriram como funciona a eletricidade e esclareceram a estrutura do átomo. Já outros dividiram produtos químicos em seus elementos e os encontraram na composição do Sol, da Lua, das estrelas e também na Terra, lá nas suas profundezas. Outros ainda, investigando os fósseis de plantas e de animais, idealizaram a teoria da evolução. Outros mais, com a ajuda de pequenas ervilhas verdes, de moscas de frutas de olhos brancos e dos raios X, descobriram a teoria da hereditariedade, que teve uma base celular e, depois, molecular. E a esta base foi juntada a evolução e, agora, depois de alguns séculos de investigações no microcosmo, alguns mostraram que animais constituídos de uma só célula são descendentes das bactérias e que ambos são ancestrais dos seres humanos. E, não sem menor importância, há os que perceberam no falar humano uma dimensão escondida de motivações inconscientes e de estrutura cognitiva — esclarecendo a natureza do desenvolvimento emocional, da linguagem e dos elementos básicos das culturas em todo o mundo.

Estas são somente *algumas* de suas realizações. E, com exceção de algumas poucas premissas intelectuais que remontam aos gregos e aos babilônios, tudo isso foi realizado em algumas centenas de anos.

Ciência é a teoria fundamentada na experimentação e, em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, os perfis foram escolhidos por sua preferência ou por uma ou por outra. O químico August Kekulé odiava trabalhar na bancada do laboratório, mas, uma noite, cochilando num ônibus de Londres, teve um sonho, do qual se derivou toda a química orgânica. Ao criar a primeira pilha atômica,

Enrico Fermi sentiu prazer em se envolver com o trabalho, enquanto seu amigo Leo Szilard detestava ser incomodado e preferia ficar sentado, discutindo assuntos profundos sobre a teoria nuclear. A Stephen Hawking desgostava olhar as estrelas no telescópio, mas se tornou o cosmólogo mais influente da sua geração. Entretanto, virtualmente, todos concordariam com Richard Feynman — um grande teórico que podia consertar tudo, desde uma máquina de lavar roupa até um acelerador de partículas — que *o único teste que valida qualquer idéia é a experimentação*. A força deste conceito deu às ciências físicas uma aura importante no mundo atual e que pode ser percebida pela maneira com que as teorias são formuladas e avaliadas, mesmo na antropologia e na psicologia. E seu impacto está presente no decorrer de todo este livro.

Os cientistas escolhidos para este volume se distinguiram pela descoberta de novos conceitos sobre a natureza, mas não pela manipulação desses conceitos para outras finalidades. Esta diferença comum deixa à margem em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA os grandes inventores e engenheiros. Thomas Edison, o tremendamente produtivo inventor da luz elétrica, não se encontra aqui porque suas realizações não contribuíram para a ciência básica. A única descoberta científica que lhe é atribuída — o efeito Edison, de 1883 — podia ser demonstrada, mas não explicada por ele. O mesmo se pode dizer de personagens como Nicola Tesla, o inovador da energia elétrica, e de Robert Fulton, que projetou e construiu os primeiros navios movidos a vapor. E apesar de terem tido grande influência no dia-a-dia do mundo moderno devem ser classificados em um outro grupo a merecer um livro específico.

As biografias curtas são uma maneira atraente de permitir aos que não são cientistas a possibilidade de compreenderem como a ciência se desenvolveu, porque possuem mensagens de fácil entendimento. As pessoas nascem e se educam, desenvolvendo certos relacionamentos pessoais, bem como interesses, crenças e idéias. Isto é verdadeiro para todos os que estão incluídos nos OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, e a grande diferença entre eles e os demais é a importância das suas idéias.

Ernest Rutherford bombardeou uma folha metálica com raios alfa e, quando algumas das partículas ricochetearam, foi como “se

houvessem atirado uma bala de canhão de quinze polegadas num papel de seda e a bala tivesse voltado e batido em você”. Parte da mensagem estava contida nas partículas atômicas, e a outra, a crucial, em tudo que Rutherford já sabia sobre elas. Quando juntou as duas, o resultado se transformou numa profunda descoberta científica, levando a um novo entendimento do átomo.

Muitas das grandes descobertas da ciência vieram deste casamento da experimentação ou da observação, com a trama sintética do conceito e da experiência. Assim, as descobertas podem ser entendidas mais facilmente ao se conhecer um pouco sobre as pessoas envolvidas, sobre o que tiveram de agüentar e sobre o contexto social do seu trabalho.

O título de um artigo famoso sobre ciência e sobre a prosopografia — o estudo coletivo das biografias — tem um nome bem adequado: *Quem Foram os Sujeitos*. Apesar de existirem mulheres entre OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, grande parte é constituída de homens brancos e de descendência européia. Além disso, talvez até surpreendentemente, os cientistas aqui descritos não vieram de níveis sociais inferiores. Com algumas exceções — Michael Faraday, a mais conhecida —, nenhum deles nasceu num ambiente de pobreza. Na verdade, vieram de origens abastadas ou de lares de bom nível, em que a busca de valores intelectuais era altamente apreciada. A maioria, em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA, era prezada e encorajada por seus pais e, ainda criança, teve inúmeros passatempos, como colecionar insetos, observar pássaros, aprender álgebra ou cálculo e construir. Alguns deles, como Paul Dirac, vieram de ambientes familiares extremamente dolorosos, o que deixou sua marca. Depois da morte de seu pai, Dirac escreveu: “Agora me sinto muito mais livre.” Mas ele foi uma exceção, como também o foi Isaac Newton. Se o gênio é, de qualquer modo, de origem genética, OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA indica que a melhor maneira de impedir o desenvolvimento pessoal é por meio da pobreza permanente ou por intermédio de pais inconstantes e rancorosos.

Na formulação da lista de cientistas a serem incluídos neste livro, uma das considerações principais foi a de dar ao leitor um sentimento da amplitude global e da diversidade das descobertas científicas,

o que é indicado pelos primeiros seis personagens: Newton, Einstein, Bohr, Darwin, Pasteur e Freud. Apesar de as ciências físicas terem precedência, fiz um esforço para incluir o impacto da ciência na humanidade, na cultura e no corpo humano. Como observa Gerald Holton, a propósito do trabalho de pessoas como Franz Boas no combate ao racismo: “A tendência é esquecer que nem todas as ‘aplicações desejáveis da ciência’ se parecem com aparelhos de videocassete ou com pílulas.”

A ordenação dos cientistas de acordo com a sua influência geral permite a este livro ficar comparável aos outros da coleção OS 100 MAIORES, mas uma explicação mais profunda se torna necessária. A classificação de cientistas é uma tarefa que começou, pelo menos, no século 19, quando o psicólogo americano James McKeen Cattell mediu a extensão dos verbetes dedicados aos grandes cientistas em várias enciclopédias. Em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA inexistiu a pretensão de uma medida objetiva. A ordenação final é somente de minha responsabilidade e tentei tomar as decisões alicerçadas, tanto quanto possível, na avaliação individual atual dos cientistas. Certas vezes, justifico ou explico brevemente o *status* relativo de um personagem; na maioria das vezes, deixo essa tarefa para uma autoridade no assunto. Os cientistas foram escolhidos por suas realizações positivas e pelo significado do que fizeram. Deve ser notado que são classificados do mesmo modo. A posição na lista não reflete a mínima desvalorização de qualquer cientista pelo seu ponto de vista ter sido, finalmente, errôneo.

Apesar de a ordem final “ter um alto grau de arbitrariedade”, como me escreveu um eminente cientista, essa limitação é também bem óbvia. Parece-me, claramente, sem finalidade a discussão do significado relativo entre NIELS BOHR[3] e CHARLES DARWIN[4] e parece-me ainda mais próprio dizer que a influência de dois cientistas do século 19, GUSTAV KIRCHHOFF[57] e HERMANN VON HELMHOLTZ[63], seria do mesmo calibre do que discutir se um era melhor do que o outro. O que pretende a lista é geral e simples: a ordem, essencialmente irreversível. Talvez ARQUIMEDES[100] pudesse ser o nº 1, mas nunca o mesmo poderia ser dito para WILHELM WUNDT[99], ao se tornar o nº 2, ou para NIELS BOHR[3], ao se

tornar o 97. A lista isenta-se da intenção de rigidez, sendo até mais flexível no meio do que no início ou no fim.

Finalmente, a lista é “influenciada” pela história. Os cientistas cujas descobertas são recentes — dos últimos cinquenta anos mais ou menos — têm maior probabilidade de estar no final do livro. Este, portanto, é o caso daqueles em que sua influência positiva deva ser tomada com cautela ou esteja diminuindo. O russo TROFIM LYSENKO[93], por seu valor, conseguiu ser incluído no conhecido *Dictionary of Scientific Biography* como um dos personagens modernos mais controvertidos. ALEXANDER FLEMING[97] também foi incluído, apesar de a glória a ele atribuída ter sido desproporcional à sua habilidade científica ou à sua verdadeira realização.

Na obra de referência biográfica *Prominent Scientists*, existem dez mil nomes. Num trabalho como este, com a restrição imposta por um limite de somente cem nomes, muitos dos grandes cientistas foram excluídos. Isso fica mais difícil para personagens contemporâneos, em que o problema é mais acentuado devido à natureza colaborativa de muitas das pesquisas feitas. Murray Gell-Mann e Sheldon Glashow tiveram seu lugar, mas a restrição numérica tornou impossível incluir certos perfis, como, por exemplo, o de Steve Weinberg.

Um certo número de cientistas encontra-se no capítulo *Omissões Imperdoáveis, Menções Honrosas e Outras Participações*, que se encontra no final do livro.

Com exceções, a maioria dos que estão nesta obra foi coberta de honrarias antes de sua morte. Desta, 31 receberam o Prêmio Nobel uma vez e três outros o receberam duas vezes. O número de laureados teria sido muito maior se os mortos pudessem voltar à vida e ser mandados para Estocolmo. Como já sabido, aos grandes cientistas são desnecessárias as comendas. Elogios do tipo “Foi uma ação audaciosa” e “Foi uma das descobertas mais dramáticas e maravilhosas da história da humanidade” foram mantidos a um mínimo relativo. Ao mesmo tempo, envidei todos os esforços para colocar suas descobertas num contexto histórico, social e científico de modo a permitir uma visão bem clara de suas realizações.

Finalmente, OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA apresenta uma história unificada. Os personagens aqui incluídos repre-

sentam, de maneira firme, a unidade essencial e o desenvolvimento das ciências físicas, bem como as áreas da ciência em expansão, na investigação da linguagem, da psicologia e da cultura humana. “Mais cedo ou mais tarde”, escreveu George Sarton, com esperança, há muito tempo, “a ciência irá conquistar outros campos e apontar fachos de luz para todos os lugares escuros, onde a superstição e a ignorância ainda dominam”. No final do século 20, poder-se-ia dizer, “se pudesse ser realmente assim”, mas, ainda resta o fato de que quase todos os cem, dos quais os perfis aqui se encontram, representam postos avançados ainda habitáveis, adequados precisamente para essa tarefa.

OS
100
maiores
cientistas
DA HISTÓRIA



Isaac Newton & a Revolução Newtoniana

(1642 – 1727)

Isaac Newton é o personagem mais influente da ciência ocidental. Considerado durante sua vida como um grande herói intelectual, a adulação ainda continua nos dias de hoje no seio da comunidade científica sem que tenha diminuído no decorrer de 300 anos. A razão é clara: quando Newton despontou, o mundo físico era muito pouco compreendido, enquanto que, na época de sua morte, devido à sua obra, já se sabia ser ele governado por leis que tinham precisão matemática. Newton não iniciou a revolução científica, já bem encaminhada quando ele nasceu; sua realização foi realmente a de dar forma e fornecer os instrumentos intelectuais básicos da física moderna. A Newton se devem as três leis básicas do movimento

pelas quais todos os fenômenos físicos na Terra, e também nos céus, tornaram-se previsíveis, ordenados e, em princípio, passíveis de serem definidos e manipulados pela tecnologia. Somente no século XX, quando os cientistas começaram a se envolver com a menor das magnitudes — a natureza do átomo —, é que a validade das leis de Newton começou a ser questionada.

Isaac Newton veio ao mundo no dia 25 de dezembro de 1642, numa pequena vila em Lincolnshire, na Inglaterra.¹ Seu pai, um trabalhador braçal, morreu antes de seu nascimento, e sua mãe o deixou aos cuidados de uma avó quando tinha cerca de três anos, para se casar e viver em separado com Barnabas Smith, seu segundo marido, um pregador e padraсто a quem Newton detestava. Não é de surpreender, portanto, que com essa infância o Newton adulto mostrasse tendências para a paranóia e para a raiva violenta. Mais importante, entretanto, era sua capacidade de suportar algumas das agressões que sofria. No catálogo de seus pecados, elaborado durante a juventude, Newton incluiu: “ameaçar incendiar meu pai e minha mãe Smith juntamente com a casa deles. Deve ser lembrado que Newton fez seus primeiros cálculos importantes — que levaram à criação da teoria do cálculo — nas páginas vazias do diário de seu falecido padraсто.

Newton em criança mostrava grande curiosidade e habilidade mecânica e evidentemente não estava em seu destino tornar-se fazendeiro. Em 1661 matriculou-se no Trinity College em Cambridge. O currículo da Universidade era nitidamente tendente à filosofia aristoteliana, mas em dois anos Newton já havia perdido seu apetite pela *Ética Nicomaquiana*. Por sua própria iniciativa começou a ler e a anotar os trabalhos de Francis Bacon, de René Descartes e de outros expoentes científicos, adquirindo paixão por matemática e por fenômenos celestes. *Amicus Plato amicus Aristoteles magis amica veritas*, escreveu em seu caderno de notas. “Platão e Aristóteles são meus amigos, mas meu melhor amigo é a verdade.”

Em 1664, Newton foi selecionado para ser bolsista em Trinity,

¹ Esta é a data do nascimento de Newton de acordo com a calendário gregoriano, iniciado na Europa em 1582 por decreto papal, comumente utilizado nos dias de hoje. Mas, na Inglaterra, a data de nascimento de Newton foi registrada pelo velho calendário juliano como sendo 6 de janeiro de 1643.

uma posição que o levaria a um trabalho liberal, depois de colar grau como bacharel em artes, no ano seguinte, mas a Grande Peste se colocou em seu caminho. A Universidade fechou as portas em 1665 e Newton voltou a morar com sua mãe, nessa época já viúva. Lá ficou por dois anos, durante os quais, como ele mesmo descreveu mais tarde, “estava na melhor idade para inventar & me interessei pela matemática & pela filosofia mais do que em qualquer outra época”. Na verdade, partindo da geometria de Descartes, Newton inventou um cálculo elementar — o campo da matemática que fornece as ferramentas para calcular a velocidade de uma mudança. O “método dos fluxos” desenvolvido por Newton tornou-se indispensável para a resolução de problemas — levantados novamente depois de centenas de anos — e causados pela erosão da física aristoteliana. Durante esse período inicial, Newton também concebeu, pelo menos de forma parcial, a lei universal da gravitação e investigou a natureza da luz através de experiências com prismas. Mas, apesar de fazer anotações referentes a seus trabalhos com grande cuidado — e de forma quase compulsiva —, deixou suas descobertas inéditas por alguns anos. O fundador da ciência moderna revisava seus dados constantemente, porém por razões obscuras, mas certamente emocionais, quedou-se em silêncio durante muito tempo.

Quando retornou a Trinity em 1667, Newton foi eleito membro da Universidade de Cambridge. Em 1669, ocupou a posição de Professor Lucasiano de Matemática, que antes era de seu mentor, Isaac Barrow — o primeiro a reconhecer seu gênio. Logo depois, construiu o primeiro telescópio refletivo, o que causou grande sensação, provocando sua eleição para a Real Sociedade em 1672. Entretanto, quando publicou o ensaio *Uma nova teoria sobre a luz e as cores* pela Real Sociedade, foi atacado por Robert Hooke, então uma eminência. Desgostoso, Newton se recolheu para continuar as pesquisas em isolamento intelectual.

Em 1684, Newton recebeu a importante visita de Edmond Halley, que discutiu com ele os problemas, à época muito atuais, do movimento dos planetas. Hooke, por exemplo, havia proposto que o movimento planetário podia ser explicado pela lei do quadrado do inverso, mas não sabia explicar por quê. A resposta — que os

planetas se movem em órbitas elípticas — havia sido efetivamente descoberta por Newton anos antes por meio de seus cálculos. Ele voltou-se então para essas questões e publicou seu *De Motus Corporum*, nesse mesmo ano, e, no correr dos anos seguintes, terminou um texto mais fundamentado e retumbante, a *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Nesta obra, lastreada num grande número de observações, Newton formulou as três Leis do Movimento e a Lei Universal da Gravidade:

1. Um corpo em movimento se move em velocidade constante, a menos que sobre ele atue alguma força; um corpo em repouso assim permanece, a menos que sobre ele atue alguma força. Esta é a Lei da Inércia.

2. A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força que atua sobre ele e inversamente proporcional à sua massa. Essa lei pode ser expressa pela equação: $F = ma$, isto é, a Força é equivalente à massa multiplicada pela aceleração.

3. A toda ação corresponde uma reação igual e em sentido contrário.

A Lei da Gravidade proposta por Newton diz que *a força gravitacional entre dois corpos é proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles*.

O *Principia*, publicado por Edmond Halley em 1687, foi um grande triunfo que marcou o ápice da carreira de Newton como cientista e provocou, também, uma revolução científica.

Apesar de Newton atingir grande proeminência com o *Principia* e tornar-se o símbolo vivo da nova ciência, a fase seguinte de sua carreira foi repleta de contradições. Teve uma passagem curta e sem brilho no Parlamento, depois da Revolução Inglesa, a partir de 1689. Em 1696, foi nomeado guardião da Casa da Moeda Real e, três anos mais tarde, tornou-se o mestre da Casa da Moeda, um posto que o capacitava a processar falsários — o que fez com grande perseverança. Foi eleito presidente da Real Sociedade em 1703, cargo que manteve até sua morte, em 31 de março de 1727. Com a morte de seu rival Robert Hooke em 1704, Newton publicou o trabalho *Opticks*. Sua autoridade era tanta, naquela época, que a teoria da luz foi dominante por todo o século seguinte, apesar de

certas incorreções. Foi o primeiro cientista a tornar-se nobre, distinguido com o título de *Sir* pela rainha Anne, em 1705.

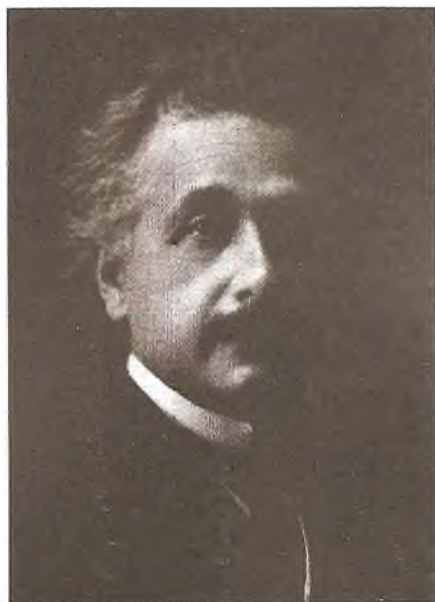
Ao morrer, Newton deixou um valioso acervo de trabalhos inéditos, que somavam mais de 1 milhão de palavras sobre o estudo esotérico e místico da alquimia. Desenvolvera pesquisas profundas durante vários anos, por meio de experiências pelas quais, esperava, por exemplo, transformar metais comuns no “mercúrio dos filósofos”. Suas pesquisas na alquimia, embora sem o racionalismo cuidadoso que dedicou à física, vêm perturbando os estudiosos há muito tempo. John Maynard Keynes, que comprou e estudou seus documentos sobre alquimia, acabou chamando-o de “mágico” e não de cientista — o que é uma colocação interessante, vinda de um economista. É possível que tanto o aspecto religioso quanto os princípios exóticos da alquimia tenham atraído Newton. Isso levou um de seus biógrafos, Gale Christianson, a sugerir que o objetivo de Newton foi chegar ao grande entendimento sintético do universo.

A vida de Newton foi marcada por uma série de contradições que podem fazer com que ele, na visão moderna, pareça um tipo antipático. Newton era dado a raivas violentas e a disputas desne-



Quando morreu, Newton deixou um tesouro de pesquisas sobre alquimia, contrapondo suas descobertas na física, que vêm há muito tempo desconcertando cientistas e historiadores.

cessariamente rancorosas com seus contemporâneos, tais como Leibniz e Hooke. Parece ter tido um relacionamento mais forte com Nicolas Fatio de Duillier, um jovem admirador, e a ruptura da amizade entre eles provavelmente contribuiu para o aparecimento de um problema mental doloroso, mas de pouca duração. Nunca se casou — na verdade, o casamento era-lhe proibido por pertencer à Universidade de Cambridge — e passou quase toda sua vida adulta na companhia de homens. Ria muito raramente, só o fazendo em circunstâncias muito especiais, como, por exemplo, quando um amigo disse que não podia perceber qualquer utilidade no estudo da obra do matemático grego Euclides. Para Erasmus Darwin, *Newton explorou, nas manifestações da Natureza, a causa e o efeito, e, por encanto, desvendou todas as suas leis latentes*. Mas, quando da morte de Newton, Alexander Pope, com mais elegância, escreveu um poema que se encontra gravado no quarto onde Newton nasceu, na Mansão Woolsthorpe: *A Natureza e as Leis da Natureza se escondiam na noite. Deus disse: Que se faça Newton! e tudo se transformou em Luz*.



Albert Einstein

& a Ciência do Século XX

(1879 – 1955)

A obra de Albert Einstein é a principal fonte da física do século XX. Suas teorias sobre a relatividade especial e geral forneceram nova base para entender as leis fundamentais da Natureza e os conceitos de espaço, massa e energia. A Teoria Especial da Relatividade, proposta em 1905, acabou se tornando fundamental para o entendimento detalhado das interações das partículas atômicas e subatômicas. E uma década depois, a Teoria Geral da Relatividade criou a possibilidade de desenvolvimento de uma cosmologia moderna.

“A marca do trabalho de Einstein nas diferentes áreas da ciência física é tão grande e variada”, sentencia Gerald Holton numa ava-

liação recente, “que um cientista que tentasse segui-la teria dificuldade para saber por onde começar”. Einstein está na base das descobertas científicas do século XX e, como ISAAC NEWTON [1], suas teorias estão nos fundamentos da imensa manipulação da Natureza por meio da tecnologia. Transistores, microscópios eletrônicos, computadores e células fotoelétricas são apenas alguns exemplos do grande incremento da informação e da comunicação que se originaram na revolução einsteiniana.

Albert Einstein nasceu em Ulm, na Alemanha, em 14 de março de 1879, filho de Hermann Einstein e de Pauline Koch Einstein. A família mudou-se para Munique no ano seguinte. Einstein em criança era taciturno e considerado mais esquisito do que inteligente. Do Leopold Gymnasium, que cursou desde os 10 anos, detestava a rígida disciplina germânica e tampouco sentia entusiasmo por latim ou grego. Foi apresentado à ciência através da matemática e estimulado a seu estudo pelo tio Jakob Einstein, que era engenheiro. Em torno dos 12 anos, aprendeu sozinho geometria e, num caso raro de sonho adolescente que se tornaria realidade, decidiu desvendar, um dia, os mistérios do mundo.

Sua educação secundária foi tão problemática quanto a primária. Em 1894, os Einstein mudaram-se para Milão, na Itália, onde seu pai havia se estabelecido novamente depois de enfrentar problemas em seu negócio original. Não os acompanhando a fim de poder concluir o secundário, Albert deixou o colégio sem se ter formado para se juntar à família. Aos 17 anos, conseguiu entrar para o Instituto Politécnico Suíço, um ano após ter sido reprovado em sua primeira tentativa de inscrição. No Instituto, percebeu que a física e não a matemática seria seu campo de trabalho e estudou as obras de HERMANN VON HELMHOLTZ [63], de JAMES CLERK MAXWELL [12] e de outros. Mas como estudante deixava a desejar, sentia-se constrangido na escola, o que o fez escrever mais tarde: “É quase que um milagre que os métodos modernos de ensino não tenham ainda estrangulado de todo o espírito sagrado da curiosidade e da pesquisa.” Formou-se em 1900.

No início de 1902, Einstein conseguiu o cargo de examinador júnior de patentes, no Escritório Suíço de Patentes, levando à hipótese de que o trabalho nesse lugar — verificando e esclarecendo

os pedidos de patente para mecanismos de todos os tipos — tenha efetivamente estimulado seu pensamento sobre o espaço e o tempo. Certamente foi um período excepcional no qual Einstein ficou isolado da comunidade da física, mas ciente dos desenvolvimentos da época nesse campo.

Em 1905 — geralmente considerado como o *annus mirabilis* de Einstein — publicou três artigos de crucial importância, no volume XVII do *Annalen der Physik*, e seu gênio, como escreveu Emilio Segrè, “incendiou-se com um brilho insuplantável”. Cada um dos três artigos tem a ver com assuntos diferentes:

(1) No artigo sobre o “Movimento browniano” mostra a dança em ziguezague das partículas suspensas num líquido como uma função da cinética molecular que pode ser medida e prevista, o que serve como prova virtual da existência das moléculas, provada por alguns outros fatores. Experiências posteriores, feitas anos mais tarde, confirmaram esses cálculos.

(2) Numa primeira contribuição para a Teoria Quântica, em um artigo Einstein mostra que um processo fundamental da Natureza acontece segundo a equação matemática notável que havia resolvido, alguns anos atrás, o problema da “radiação do corpo negro”. A luz, provou Einstein, é um fluxo de partículas com energia calculável, pelo uso do número chamado de Constante de Planck. (O termo *photon*, partícula de luz, foi criado mais tarde.) A confirmação experimental para a luz visível veio na mesma década e foi por este trabalho que Einstein recebeu o Prêmio Nobel em 1921.

(3) Ambos os artigos anteriores, e particularmente o segundo, são revolucionários, mas nenhum deles o é mais do que o terceiro: o artigo “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” contém a primeira expressão de Einstein da qual viria a ser conhecida como a Teoria Especial da Relatividade.

A Teoria Especial da Relatividade tem a ver com a mecânica física, mas em certos aspectos é taxativamente contrária às noções comuns que temos do tempo e do espaço. Resumidamente, Einstein diz, como postulado, e considerando o movimento no espaço, que a velocidade da luz pode ser tomada como constante em *todos* os pontos de referência *independentemente* da fonte ou do detector da luz. Em outras palavras, a velocidade da luz que, na verdade, já havia

sido calculada não muda, qualquer que seja a velocidade do observador. Mas, se é assim, dois observadores viajando em velocidades diferentes nunca concordarão com a hora em que aconteceu um determinado evento. O tempo e o espaço, uma vez que a velocidade da luz é constante, transformam-se num ponto de referência único.

É fácil perceber por que a teoria de Einstein foi revolucionária, pois conduz a uma conclusão na qual o bom senso e as noções filosóficas dão lugar a um novo conceito científico, ou seja, um conceito que em princípio pode ser demonstrado. Mais difícil, talvez, é entender por que teve uma aceitação tão rápida por parte dos físicos.

Quando Einstein propôs a relatividade especial, esta tinha a ver diretamente com sérios problemas que interferiam na ciência da eletrodinâmica, então avançando rapidamente. Uma geração antes, James Clerk Maxwell havia desenvolvido equações que sugeriam que as ondas eletromagnéticas moviam-se através do espaço à velocidade da luz. Para explicar essa mecânica — por que as ondas se propagam no espaço sob uma determinada velocidade — foi postulado um *éter* invisível. Mas o *éter* nunca havia sido detectado, deixando incomodamente incompleta uma teoria de ampla comprovação na física. A Teoria da Relatividade Especial não necessita do *éter*, o que é uma simplificação importante. Na verdade, explicava certos resultados experimentais, como o aumento de massa de objetos que se moviam a altas velocidades — numa afirmação do que já havia sido sugerido por Hendrik Lorentz, um físico holandês.

Outra razão mais genérica para o sucesso da Teoria da Relatividade foi o advento, em 1900, da Teoria Quântica. A Teoria da Relatividade seria eventualmente aplicada, enquanto que as leis físicas newtonianas não o poderiam, a fim de preestabelecer certos efeitos no nível subatômico. MAX PLANCK [25], que estabeleceu a Teoria Quântica, reconheceu imediatamente o significado da relatividade especial — comparou-a à revolução feita por Copérnico —, o mesmo acontecendo com NIELS BOHR [3]. A relatividade explicava, como proposto por Einstein, que “a massa de um corpo é a medida de seu conteúdo de energia”. Logo a seguir publicou algo mais compreensível, ao apresentar a famosa equação $E = mc^2$, em que a

massa m pode ser expressa como energia E quando multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz, c .

Em 1909, mais reconhecido pelos físicos e pela repercussão de seus artigos de 1905 se espalhando, Einstein deixou o Escritório Suíço de Patentes para seguir uma carreira universitária. Foi para a Universidade de Zurique em 1909 e ensinou por um curto período, em 1911, indo em seguida para a Universidade de Praga, numa estada infeliz, devido ao tom anti-semítico que prevalecia na Áustria. Voltou a ensinar em Zurique em 1912. Nomeado para uma função especial na Academia Prussiana de Ciência, com indicação paralela na Universidade de Berlim em 1914, Einstein pôde, depois disso, dedicar muito de seu tempo à pesquisa.

O que hoje é conhecida como a *teoria geral da relatividade* tem a ver com a noção de gravidade e foi desenvolvida por Einstein desde 1907 até sua publicação em 1916. A teoria geral é, na realidade, uma extensão da teoria especial, aplicável a sistemas em movimento de aceleração, tais como os corpos no espaço. Da Teoria Geral da Relatividade emerge toda a cosmologia do século XX — da explicação da “mudança vermelha”, que indica o universo estar em expansão, até a idéia dos *buracos negros*.

Para entender a teoria geral, deve-se começar com o *Princípio de Equivalência* de Einstein. Como o famoso Galileu havia notado, os objetos caem para a Terra com uma aceleração constante, independentemente de sua massa. Nesse sentido, sejam grandes ou pequenos, os objetos que caem são “sem peso”, ou seja, seus pesos não mudam em relação à gravidade. Na verdade, os astronautas em órbita em torno da Terra estão constantemente “caindo” em sua direção e se sentem sem peso. Entretanto, se a nave espacial deixa a órbita e dispara na direção de uma estrela distante, eles podem sentir seu peso total (e até mais) com a mudança da aceleração. A aceleração e não a gravidade é a responsável. Einstein sugeriu que a força da gravidade e a força “inercial” de um sistema em movimento de aceleração são *idênticas*.

A grande consequência desse princípio é que a gravidade *não* é simplesmente a força da Natureza pela qual todos os objetos são atraídos entre si. É, na realidade, um “emperramento” do espaço e do tempo, causado pela massa física. A existência de massa mostra

que o espaço deve ser “curvo” — não-euclidiano em forma e mensurável, tendo por base a velocidade da luz. Apesar de a relatividade geral e de as leis clássicas apresentarem basicamente os mesmos resultados no mundo natural, a teoria de Einstein não só descreve as órbitas elípticas do sistema solar, como a teoria newtoniana podia fazer, mas também corrige certas anomalias, tais como a órbita de Mercúrio em volta do Sol.

Observações astronômicas comprovaram a Teoria Geral da Relatividade muitos anos depois de Einstein a haver proposto. Já em 1911, Einstein havia preconizado que a luz de uma estrela, passando perto do Sol, poderia ser desviada devido à grande massa deste. Em seguida percebeu que a quantidade de curvatura era calculável. Assim, a estrela teria uma posição verdadeira, mas vista da Terra haveria uma posição aparente devido ao empenamento do espaço causado pela massa solar. A física clássica, tomando o espaço como plano, daria um valor diferente para a curvatura da luz, que seria a metade daquela apontada pela relatividade geral.

Um eclipse solar daria a oportunidade de ver as estrelas e comparar os valores newtonianos e einsteinianos. Várias tentativas sem sucesso foram feitas antes de 1919, quando pela instigação do astrônomo ARTHUR EDDINGTON [37], e duas expedições foram preparadas, uma para o Brasil e a outra para a ilha Príncipe, na costa da África Equatorial. Os resultados não foram ambíguos: quando foram analisados, a posição das estrelas confirmou a Teoria Geral da Relatividade. Einstein tornou-se da noite para o dia uma celebridade. No dia 7 de novembro de 1919, o *Times* de Londres anunciou: “Revolução na ciência/ Conceitos newtonianos derrubados”. O *New York Times*, dois dias depois, deu continuidade ao assunto, publicando uma matéria de grande importância.

O trabalho posterior de Einstein, à procura de uma teoria unificada de campo que uniria as teorias da gravitação e do eletromagnetismo, não foi conclusivo. Parece ter se apegado, apesar das limitações impostas pela Teoria Quântica, ao ponto de vista de uma realidade que ele mesmo ajudou a fundar com seu artigo de 1905 sobre o efeito fotoelétrico (além de muitos outros trabalhos). Manteve um longo debate com Niels Bohr, escrevendo que “ainda acredito na possibilidade de um modelo da realidade, ou seja, de

uma teoria que represente as coisas como elas são e não somente como possibilidade de que sejam”. Depois de 1928, com a conclusão completa da Teoria Quântica, Einstein deixou de dominar a física.

Em 1933, os livros de Einstein estavam entre os que foram queimados pelos nazistas em Berlim. Suas propriedades foram confiscadas, e ele logo deixou a Alemanha, emigrando para os Estados Unidos, onde recebeu uma indicação vitalícia para o Instituto de Estudos Avançados na Universidade Princeton. Inspirado pela ascensão do hitlerismo, deixou de lado algumas de suas convicções pacifistas, e em 1939, apesar de relutante, enviou uma carta para Franklin Roosevelt recomendando o desenvolvimento de uma bomba atômica. Não participou contudo do processo de desenvolvimento da bomba, em parte por ser considerado um risco de segurança devido a suas simpatias pela esquerda. Após a guerra, Einstein foi um advogado do desarmamento nuclear, não se tornando um “patriota” americano, opondo-se às investigações do Congresso relativas às chamadas atividades antiamericanas, nos anos 50. Em 1952 recusou a oferta de se tornar presidente de Israel, um cargo essencialmente formal.

A parte final de sua carreira refletiu seu tremendo prestígio. Tornou-se uma personalidade e conferencista bastante requisitado. Suas antologias *The World as I See It*, de 1934, e *Out of My Later Years*, de 1950, mereceram várias edições. Abrigam artigos sobre uma variada gama de tópicos diferentes, incluindo a natureza da ciência, o socialismo, as relações entre brancos e negros, o sionismo e a decrepitude moral. Como as de Freud, com quem se correspondia, as opiniões sociais e políticas de Einstein refletem a sapiência do liberalismo do século XIX e ainda vale a pena a sua leitura. Embora muitas vezes se mencione que Einstein tenha dito “Deus não joga dados” — em relação às estatísticas quânticas —, do ponto de vista religioso ele era agnóstico. Perguntado se acreditava em Deus, respondeu: “Não se deve perguntar isso a quem, com crescente surpresa, tenta explorar e compreender a ordem arbitrária do universo.”

É muito difícil caracterizar a personalidade de Einstein, especialmente em seus derradeiros anos, quando levou uma vida essencialmente solitária. Não se propunha a expor seus sentimentos,

porém era capaz de expressar normalmente sua grande devoção à humanidade. Teve um divórcio muito difícil de sua primeira mulher, Mileva Maric, quando estava no auge da fama. Com ela, teve dois filhos, um dos quais se tornou um proeminente professor de engenharia mecânica, enquanto o outro não foi mais do que um esquizofrênico. Um terceiro filho, nascido antes do casamento, foi entregue para ser adotado. Einstein casou-se depois com uma prima distante, Elsa Löwenthal, que o deixou viúvo em 1936.

No dia 11 de abril de 1955, assinou um manifesto pacifista e antinuclear, idealizado e conduzido pelo filósofo Bertrand Russell. Sofreu a ruptura de um aneurisma da aorta alguns dias depois, mas não morreu logo. Recusou fazer uma operação, dizendo: "Irei, quando *eu* quiser. Não é de bom gosto prolongar a vida artificialmente." Einstein morreu em paz, em Princeton, Nova Jersey, em 18 de abril de 1955.



Niels Bohr & o Átomo

(1885 – 1962)

A mecânica quântica constitui a matriz essencial da física do século XX. O fornecimento dos meios para entender o micromundo levou a uma série de novas tecnologias fundamentais, entre as quais o transistor, o *chip* de silício e a energia nuclear. E explicar de forma muito mais convincente e compreensível as ligações químicas e trazer novos entendimentos aos fenômenos biológicos está portanto na raiz dos vários métodos atuais de manipulação da Natureza. Hoje em dia, mesmo a cosmologia depende das idéias quânticas que, além de mudar a própria dinâmica do cotidiano, coloca-se por trás dos grandes movimentos do pensamento filosófico hodierno. De todos

os que desenvolveram a teoria quântica, o mais eminente é o físico dinamarquês Niels Bohr.

A importância de Bohr é aferida, tanto por seu próprio trabalho quanto por sua influência que cobriu todo o campo da física teórica, no primeiro quartel do século XX. Publicada em 1913, sua proposta para o modelo do átomo, de profunda repercussão, preparou a base para a mecânica quântica, finalmente concretizada no final da década de 1920. Bohr também examinou as implicações maiores da teoria, que prevê um rompimento radical com o determinismo e com as noções de bom senso de causa e efeito; sua “Interpretação de Copenhague” sobre o mundo quântico ainda é válida. Com Niels Bohr concluem-se os principais esforços para descobrir a “realidade final”. De acordo com ele, “é errado pensar que a tarefa da física seja descobrir como é a Natureza”. (...) “A física se ocupa do que se pode *dizer* sobre a Natureza.”

Niels Bohr nasceu em Copenhague, a 7 de outubro de 1885, filho de Christian Bohr, um professor de fisiologia, e de Ellen Adler Bohr. Os Bohr eram uma família muito unida, intelectual e sofisticada acima do normal, e Niels cresceu num meio extremamente propício. Sua mãe era carinhosa, inteligente, e seu pai, como Bohr mais tarde enfatizou, reconheceu que “algo era esperado de mim”. A família não era religiosa, e Bohr se tornou um ateu, acreditando que o pensamento religioso fazia mal e desviava do caminho ideal. A partir de 1891, cursou a Gammelholms Latin og Realskole, onde seria lembrado como bom aluno, grande para sua idade e sempre pronto para usar os punhos, embora algo tímido. A lembrança que tem de si próprio é de um ser apaixonadamente atraído pela ciência “devido à indução do pai”. Ingressou na Universidade de Copenhague em 1903, onde se formou em física e ficou até receber o título de Mestre em 1909 e o de Doutor em 1911, ano em que seu pai morreu e em que se casou com Margrethe Norlund.

Em 1911, a revolução no entendimento da estrutura do átomo já estava em marcha. Na verdade, a tese de doutorado de Bohr conectava-se com a Teoria dos Elétrons, descoberta, uma década antes, por JOSEPH J. THOMSON [31], como as constituintes universais de toda matéria. Thomson também havia sugerido que o número de elétrons num átomo correspondia a seu peso, explicando a grande variedade

de átomos estáveis. E ERNEST RUTHERFORD [19] fez uma descoberta de suma importância: “O átomo tem um núcleo compacto e com massa.” Isso levou os físicos a abandonarem a teoria do átomo como uma espécie de “pudim de passas” — um núcleo contendo nele os elétrons, como se fossem passas — passando a adotar o modelo de Rutherford, com elétrons orbitando em torno de um pequeno núcleo.

Em 1913, quando se encontrava na Inglaterra trabalhando com Rutherford, Bohr publicou três artigos relativos à estrutura atômica que efetivamente mudaram o curso da física. Apesar de o modelo de Rutherford para o átomo resolver de forma notável certas indagações, a questão crucial ainda estava sem resposta: por que os elétrons em órbita — evidentemente ligados ao núcleo — não eram absorvidos pelo núcleo. Em resumo, o modelo não explicava a estabilidade do átomo, que é uma de suas características principais.

Bohr percebeu que a mecânica newtoniana clássica não deixava claro o porquê do comportamento da matéria numa escala atômica. Assim, inspirou-se, para compensar, na física quântica, proposta na virada do século por MAX PLANCK [25] para resolver o problema da “radiação do corpo negro”, utilizada por ALBERT EINSTEIN [2] para demonstrar a característica particulada da luz. Em 1912, durante um período relativamente breve de trabalho intenso, Bohr examinou como o átomo de hidrogênio irradiava luz e desenvolveu uma teoria que se encaixava excepcionalmente bem nos fatos observados. Tomando por base que o elétron só emitia luz quando trocava de órbita, a emissão de um “quantum” foi identificada com um “pulo” de um elétron de uma órbita para outra. Einstein, sabendo dos resultados de Bohr, respondeu com seu modo lacônico: “Isso é uma enorme realização.”

O modelo do átomo de Rutherford-Bohr, como veio a se tornar conhecido, foi um avanço fundamental, logo usado para obter nova compreensão da estrutura atômica de todos os elementos. Uma das realizações de Bohr em 1913 foi identificar os pulos quânticos dos elétrons com o espectro do raio X.² No ano seguinte, trilhando o caminho aberto por Bohr, o físico britânico Harry Moseley estabele-

² A espectroscopia da luz no século XIX permitiu aos cientistas analisarem os vários elementos. Com comprimentos de onda muito mais curtos do que a luz visível, os raios X podiam fornecer informações muito mais fundamentais, numa escala atômica. Ver, neste livro, GUSTAV KIRCHHOFF [57] e MAX VON LAUE [56].

leceu uma nova e definitiva ordem na tabela periódica, pela análise espectral por raio X dos elementos químicos, dando um número atômico a cada um. Durante os anos posteriores, Bohr teve uma série de realizações técnicas que, como escreveu Abraham Pais, “em retrospecto (...) são mais fabulosos e imprevisíveis porque são baseados em analogias — órbitas atômicas semelhantes ao movimento dos planetas ao redor do Sol e com rotação própria semelhante à rotação dos planetas enquanto em órbita — que são, na realidade, falsas”. Bohr recebeu o Prêmio Nobel em 1922.

Na verdade, o modelo de átomo elaborado por Bohr acabou apresentando vários e significativos defeitos. A chamada “primeira revolução quântica” não resolveu alguns problemas referentes ao comportamento de átomos mais complexos. Apesar de a teoria ter sido desenvolvida de várias maneiras de 1913 até 1925, simultaneamente acumulou problemas sérios que iriam finalmente levar à chamada “segunda revolução quântica”.

Durante a década de 1920, Bohr foi personagem importante por ajudar na resolução da crise na física, derivada dos defeitos na estrutura atômica, que ele mesmo havia proposto. Voltando para a Universidade de Copenhague em 1916, Bohr tornou-se professor de física teórica e participou da abertura, cinco anos mais tarde, do Instituto de Física Teórica. Assim, essa cidade tornou-se um ímã para os físicos, tendo Bohr como pólo principal. A “segunda revolução quântica” deu à luz um modelo do átomo puramente matemático que efetivamente reconhecia as limitações da percepção humana com relação aos acontecimentos subatômicos. Foi resumido pela mecânica de ondas de Schrödinger, pela mecânica de matriz de Heisenberg e pelo famoso Princípio da Incerteza, que limita o conhecimento dos sistemas físicos.

Em fins da década de 1920, Bohr desenvolveu dois princípios para ajudar a guiar a segunda revolução quântica a um final de bom termo. Na famosa conferência de 1927, sobre “A Fundação Filosófica da Teoria Quântica”, discutiu o conceito de “complementaridade”, implícita na idéia de que, apesar de os sistemas subatômicos poderem ser medidos de maneira contraditória — como ondas ou como partículas —, ambas as características são necessárias para uma descrição completa do fenômeno. Intrigado pelas implicações filo-

sóficas dessa idéia, Bohr eventualmente argumentou que o princípio da complementaridade poderia ser aplicado ao problema da liberdade da vontade e aos processos básicos da vida. Talvez o resultado mais importante dessa idéia seja o fato de a teoria quântica ser utilizada subsequente para dar uma descrição basicamente completa da Natureza. E que não seria alterada por descobertas futuras. Não há realidade “mais profunda” que se situe além dos conceitos quânticos. Apesar de ter sido muito debatida de várias formas, essa idéia continua a ser a base granítica do “espírito de Copenhague” — apesar de experiências, da “mente de Deus” e das teorias de universos múltiplos. Tal doutrina nunca foi totalmente aceita por Albert Einstein, Max Planck ou por um sem-número de outros físicos, mas permanece como teoria básica até hoje.

Durante a década de 1930, Bohr começou a investigar e a expandir o campo da física nuclear e em 1934 sugeriu o modelo da “gota líquida” para o núcleo do átomo. Apresentou, em 1936, uma teoria resumida para o núcleo atômico, que se tornou o guia geral para os físicos durante a década seguinte. Na teoria de Bohr, os nêutrons e os prótons estariam fortemente ligados em conjunto ao núcleo por uma grande força, contrabalançada pela “carga elétrica” mutuamente repulsora do próton. Apesar da certeza de que a energia seria liberada se o nêutron fosse alterado, nessa época os efeitos da quebra do átomo ainda eram obscuros.

Depois do início da Segunda Guerra Mundial, Bohr primeiramente permaneceu na Dinamarca, invadida pelos nazistas em 1940. Devido à sua fama, conseguiu ajudar alguns de seus colegas a escaparem da perseguição, apesar de se recusar a cooperar com as metas bélicas dos nazistas. Mas em 1943, depois de ser convencido pelos boatos de que seria preso em breve, ele e a família escaparam para a Suécia, daí para a Inglaterra e finalmente para os Estados Unidos. Logo se juntou ao Projeto Manhattan, em que lhe foi dado, com segurança, o pseudônimo de “Tio Nick”. A importância de Bohr para o projeto foi mais simbólica do que substancial. Ele era contra o uso da bomba atômica e, durante o curso da guerra, encontrou-se com Roosevelt e Churchill, que repudiaram sua proposta de impedir uma corrida armamentista de base nuclear pela participação direta da União Soviética nas informações disponíveis.

Quando voltou para a Dinamarca depois da guerra, Bohr manteve-se em atividade até o final da vida, aposentando-se da Universidade de Copenhague em 1955. Cientista engajado, em permanente oposição à produção de armas atômicas, Bohr escreveu a famosa “Carta aberta” às Nações Unidas em 1950 e recebeu, entre outras honras, o prêmio “Átomos para a Paz” em 1957. Foi também muito ativo em promover a cooperação internacional em física e ajudou a fundar o Centro Europeu de Pesquisa Nuclear (CEPN), em Genebra. Em 17 de novembro de 1962, concedeu uma entrevista, que seria sua última, sobre a história da teoria quântica. No dia seguinte, deitou-se como de hábito para cochilar depois do almoço, teve um ataque do coração e morreu. Foi enterrado no jazigo da família, em Copenhague.

Extremamente colaborativo com relação à física — e bem diferente de Einstein, neste aspecto —, Bohr sempre foi objeto de grandes elogios por seus colegas, do mesmo modo que era adorado por sua família e pelos amigos. De acordo com Victor Weisskopf, Bohr criou o “estilo Copenhague” e “o vemos, o maior entre seus colegas, agindo, falando e vivendo como um igual num grupo de pessoas jovens, otimistas, brincalhonas e entusiasmadas, que chegam aos segredos mais profundos da natureza com um espírito de ataque, um espírito livre dos grilhões das convenções e com um espírito de alegria difícil de descrever”. Seu feliz casamento com Margrethe resultou em seis filhos; um deles, Aage Bohr, também se tornou um físico teórico, laureado com o Prêmio Nobel.

Apesar de Niels Bohr não ter sido o único responsável pelo desenvolvimento do novo arcabouço teórico do entendimento do mundo físico, seu lugar na história da ciência é pioneiro e incontestado. Richard Rhodes descreveu-o com simplicidade: “As contribuições de Bohr para a física do século XX só perdem para as de Einstein.”



Charles Darwin & a Evolução

(1809 – 1882)

Com Charles Darwin a relação entre o homem e a Natureza, nascida da dicotomia entre indústria e ciência, toma uma nova feição, dramática e secular. Em 1859, Darwin publicou *A Origem das Espécies* e, 12 anos depois, *A Descendência do Homem*. Conflitante com os dogmas de espécies imutáveis e de um lugar especial para os seres humanos na ordem natural, a interpretação de Darwin sobre a Natureza e a evolução da vida teve uma excepcional ascendência direta sobre a cultura ocidental. Apesar de ter criado controvérsias no início, o impacto total da Teoria da Evolução só se sentiu no século XX, quando veio a ser aperfeiçoada por avanços adicionais

nas ciências físicas. A genética e a microbiologia, nascidas do progresso da medicina e da física, e apadrinhadas pela Teoria da Evolução, são as heranças deixadas por Darwin para este século. “Darwin é indiscutivelmente o cientista mais conhecido da História”, escrevem Adrian Desmond e James Moore, seus biógrafos recentes. “Mais do que qualquer outro pensador moderno — incluindo Freud e Marx —, este afável naturalista do velho mundo, pertencente à classe social menor de Shropshire, transformou a maneira como nos vemos neste planeta.”

Charles Robert Darwin nasceu em 12 de fevereiro de 1809, quinto filho e o mais moço de dois filhos homens de Robert Waring Darwin, médico, e Susannah Wedgwood. Seu avô paterno foi Erasmus Darwin (1731-1802), conhecido médico, poeta, filósofo e inventor; o materno, Josiah Wedgwood, o famoso fabricante de vasos e porcelanas. Quando Darwin tinha oito anos, sua mãe morreu de doença gastrointestinal, provavelmente um câncer. Darwin, mais tarde, contou que suas irmãs o proibiram de falar sobre a mãe depois de morta, e, assim, ele pouco se lembrava dela. Enviado para a Shrewsbury School, uma escola particular de prestígio dirigida por Samuel Butler, detestou o currículo, com forte ênfase nos clássicos; Darwin tinha dificuldade em aprender idiomas. Entretanto, fora das salas de aula interessava-se por história natural e por colecionar plantas e animais. “A paixão por colecionar”, escreveu em sua *Autobiografia*, “que leva alguém a ser um naturalista sistemático, um virtuoso ou um avaro, era muito forte e claramente intuitiva, pois nenhum de meus irmãos ou irmãs jamais a possuiu.”

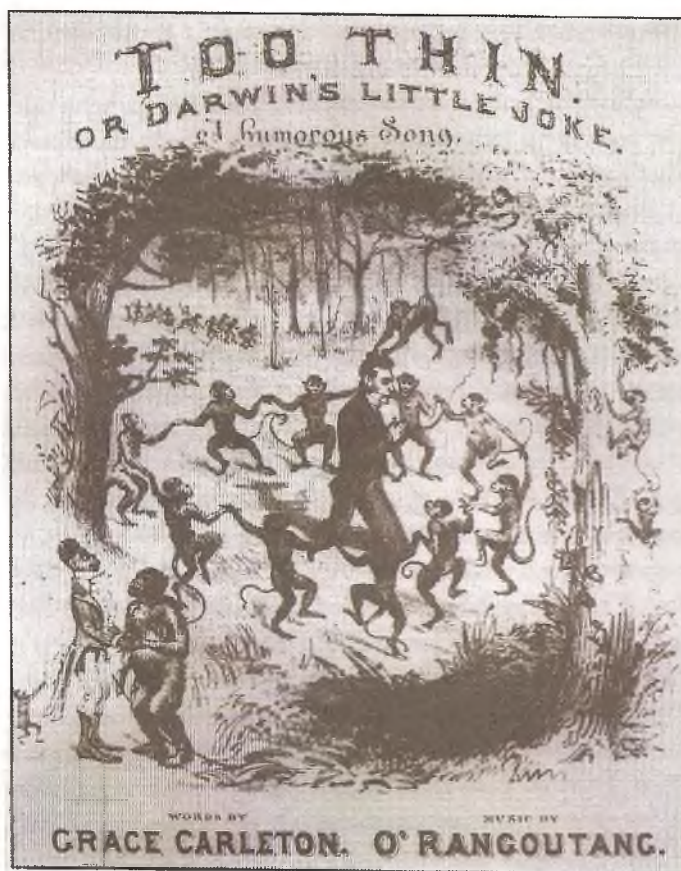
Darwin se lembrava de seu pai, o médico principal de Shrewsbury, com admiração; porém, outros, no fundo, o achavam, apesar de benevolente, um tirano. Assim como Robert Darwin, Charles inicialmente planejava estudar medicina, e começou a freqüentar a Universidade de Edimburgo em 1825. No ano seguinte, entrou para a Sociedade Plinian de História Natural e veio a ficar sob a influência de Robert Grant, um conhecido médico e zoologista. Com relação a seus estudos de medicina, entretanto, Darwin demonstrava não gostar; detestava particularmente anatomia — para seu arrependimento mais tarde —, pois nunca aprendeu a dissecar. Também se tornou claro que era sensível ao sofrimento humano e não conseguia

observar as operações, que eram feitas, naquela época, sem anestésico.

A ambivalência de Darwin sobre a escolha de uma carreira levou-o a um resultado fora do comum e crítico na história da ciência. Quando as dúvidas de Darwin com relação a fazer-se um médico chegaram ao conhecimento de seu pai, este sugeriu que ele se tornasse um religioso. Darwin, obedientemente, deixou Edimburgo em 1827 e matriculou-se no Christ College, na Universidade de Cambridge. Lá, seu tempo foi desperdiçado, como mais tarde afirmou; entretanto, estudou com o botânico John Steven Henslow, colecionou besouros e formou-se em 1831. Logo depois, teve o oferecimento para ocupar a posição de naturalista no navio que faria uma viagem de circunavegação do globo. O jovem capitão do *H. M. S. Beagle*, Robert FitzRoy, queria um companheiro jovem e de boa família, pois deveria ser uma viagem longa e provavelmente tediosa. Seu propósito era o reconhecimento da costa da Terra do Fogo e do litoral do Chile e do Peru e a visita às Ilhas dos Mares do Sul e ao Arquipélago das Índias. O nome de Darwin foi proposto por seu professor Henslow, como sendo “amplamente qualificado para colecionar, observar e anotar”. Vencendo as objeções de seu pai, Darwin estava a bordo do *Beagle*, quando este zarpou em 27 de dezembro de 1831. Não retornaria à Inglaterra por cinco anos.

Na literatura popular sobre ciência, a viagem de Darwin no *Beagle* tem um lugar especial. Algumas vezes, contada como uma aventura em que Darwin é retratado como “um homem fisicamente vigoroso, aventureiro, de espírito corajoso, inventivo e diligente, quando em dificuldades, e constantemente levado para além dos limites de seu ambiente natural por algum impulso desconhecido”. Na verdade, o *Beagle* fundeu em Montevideu quando o país estava em meio a uma revolução, e Darwin atravessou os pampas a cavalo, tendo escrito à sua irmã: “Tornei-me quase um gaúcho, bebo o mate e fumo o charuto e me deito para dormir tão confortavelmente como numa cama de penas, tendo o firmamento como dossel.” Darwin também teve problemas de enjôo marítimo durante toda a viagem e sentia muitas saudades de casa.

De maior significado, porém, é o fato de Darwin aproveitar uma oportunidade fora do comum para absorver matéria-prima,



A teoria da descendência comum causou grande impacto.

dentro do contexto da atividade intelectual histórica das ciências naturais. Inicialmente seu interesse primário era a geologia, e a grande influência sobre ele foi de CHARLES LYELL [28], cujo trabalho então publicado, *Princípios de Geologia*, ele havia lido com interesse durante a viagem. Darwin também colecionou exemplares da flora e da fauna. Usava cadernos de campo para escrever suas observações, expandidas sob a forma de diário. Notou, com interesse, as pequenas diferenças entre a população de pássaros e de tartarugas nas ilhas vizinhas a Galápagos; também sentiu que sua competência para observar melhorava. “Sempre achei que devo a esta viagem o primeiro treino real ou a educação de minha mente”, escreveu

depois. “Fui levado a verificar de perto os vários ramos da história natural, e assim minha capacidade como observador foi melhorada, apesar de já estar bem desenvolvida.” O *Beagle* retornou à Inglaterra no dia 2 de outubro de 1836.

Em 1837, ainda sob o impacto intelectual da viagem, Darwin começou a rascunhar o produto teórico da massa de observações, e em 1838, enquanto lia Malthus, concebeu a idéia da seleção natural — a conservação de certas características através da adaptação às condições de vida. Entretanto, não publicou sua teoria nessa época e continuou a acumular dados. Publicou três artigos científicos com suas observações relativas a bancos de coral, ilhas vulcânicas e outras formações geológicas. Esses artigos deram a Darwin uma sólida reputação profissional.

Na Down House, fora dos limites de Londres, onde Darwin morava desde 1842, dedicou os anos de 1846 até 1854 a uma pesquisa sistemática sobre a estrutura das cracas, os crustáceos indesejáveis que se distribuem por todo o mundo se incrustando nos cascos dos navios. Fez um terceiro rascunho da sua teoria em 1856, porém, mesmo sendo pressionado por Charles Lyell — agora um amigo pessoal —, recusou-se a publicar. Por outro lado, Darwin estava ansioso para estabelecer uma prioridade para suas idéias científicas, mas acreditava que somente uma apresentação teórica, apoiada por uma gigantesca quantidade de fatos, seria apropriada.

Em 1858, Alfred Wallace, um naturalista amador que também havia viajado para a América do Sul, enviou a Darwin uma exposição muito clara da teoria da formação das espécies, o que o obrigou a trazer suas idéias a público. Artigos separados feitos por Darwin e por Wallace foram lidos pela Linnaean Society, e a ascendência de Darwin foi estabelecida. O ano seguinte foi o da publicação do seu livro *A Origem das Espécies pela Seleção Natural ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Sobrevivência*.

A *Origem* teve um impacto imediato e controverso sobre os cientistas, sobre os leitores em geral e sobre os teólogos. O mais famoso aconteceu numa reunião da Associação Britânica, onde o bispo de Oxford, que ignorava a teoria de Darwin, mesmo assim a ridicularizou. O bispo foi induzido ao silêncio por Thomas Huxley — chamado algumas vezes de “bulldog de Darwin” —, que declarou

preferir “ser aparentado a um macaco a ser um homem de habilidade comprovada que usava seu cérebro para perverter a verdade”.³

Como aconteceu com a revolução de Copérnico e com a hipótese de Freud sobre a mente inconsciente, a obra de Darwin era tão poderosa que exerceu grande influência bem antes de qualquer prova experimental. Na verdade, a relutância de Darwin em publicar a *Origem* é fácil de entender, pois nem mesmo as regras e, mais ainda, nem mesmo os mecanismos da hereditariedade estavam esclarecidos naquela época. Se as tendências eram mescladas, como acreditavam originalmente os biólogos, por que não seriam as adaptações individuais diluídas e destinadas a desaparecer em algumas gerações? Este problema preocupou Darwin a tal ponto de ele ser levado a adaptar uma solução quase lamarckiana — conhecida como *pangênese* — no final de sua vida.⁴ A explicação física da hereditariedade e da seleção natural teria de esperar a descoberta dos cromossomos, a redescoberta de GREGOR MENDEL [60] e o trabalho dos geneticistas. Meio século separa a publicação da *Origem* da explicação da hereditariedade genética feita por THOMAS HUNT MORGAN [62].

Após a *Origem*, Darwin publicou cerca de 10 livros referentes à teoria da seleção natural. Entre eles, *A Descendência do Homem*, em 1871, *A Expressão das Emoções no Homem e nos Animais*, no ano seguinte, e *O Poder do Movimento nas Plantas*, em 1880.

A vida pessoal de Darwin foi muito estudada, e suas idiossincrasias, muito debatidas. Em 1839, casou-se com uma prima em primeiro grau, Emma Wedgwood, que lhe deu 10 filhos, sete dos quais chegaram à idade adulta. Durante grande parte do final de sua vida, Darwin sofreu de uma doença, cujo diagnóstico não é muito claro e que pode ter sido psicossomática. Quando escreveu *Origem*, Darwin era ateu; mais tarde, tornou-se agnóstico. Quando morreu,

³ O bispo não foi humilhado, como se diz, e chegou a reproduzir o seu discurso. Só ficou desconcertado perante a História.

⁴ A pangênese referia-se à noção de que todas as células do corpo dão instruções para as células reprodutivas. Este fenômeno poderia permitir que características adquiridas pudessem ser passadas para os filhos, como LAMARCK [69] havia sugerido. Como era um conceito especulativo, foi logo abandonado.

em 19 de abril de 1882, foi enterrado na Westminster Abbey, perto de ISAAC NEWTON [1].

Charles Darwin, “por sua grande influência no pensamento humano, deve ser destacado entre os grandes homens da ciência — Aristóteles, Galileo, Newton, Lavoisier e Einstein”. Assim escreveu A. E. E. McKenzie em sua obra clássica de história, *As Maiores Realizações da Ciência*, publicada há uma geração. Nada aconteceu desde então para mudar esse ponto de vista. Da mesma forma que o pensamento freudiano, o darwinismo também permite uma investigação mais rápida e dolorosa do que a física, dos preconceitos pessoais e sociais, e com toda uma variedade de conseqüências sociais; assim, a controvérsia tornou-se uma de suas características mais constantes e que mais se desenvolveu. Apesar disso, Charles Darwin, como escreveu George Gaylord Simpson, é “o gênio que, apesar de falível como todos nós, revolucionou o escrutínio científico e o conhecimento de nossas origens, bem como nossa relação física com a Natureza e com o universo”.



Louis Pasteur

& a Teoria da Doença Causada pelos Germens

(1822 – 1895)

A conclusão de que as doenças são causadas por microorganismos e nunca por demônios, ou por miasma, ainda inexistia há pouco mais de 100 anos. Proposta durante a Renascença pelo médico italiano Fracastorio — que deu nome à sífilis —, a Teoria do Contágio teve seus defensores durante os dois séculos seguintes, mas não conseguiu ser definitivamente estabelecida. Somente na segunda metade do século XIX, essa situação começou a mudar, não só pelas observações isoladas de médicos, mas também pelo trabalho sistemático de personagens como o cirurgião britânico Joseph Lister.

Mas a ciência da bacteriologia, que se tornou um imenso sucesso, é geralmente creditada ao gênio de Louis Pasteur.

Apesar de estudos recentes terem colocado Pasteur num nível quase divino — como Freud, ele foi reverenciado além da medida — é difícil negar a fama, já atingida durante sua vida, de que pertence ao grupo dos grandes cientistas da História. Formado em química, seu interesse inicial foi a cristalografia; porém logo se voltou para os estudos práticos sobre as doenças da fermentação do vinagre, do vinho e da cerveja, e depois para os estudos sobre infecções que afligiam seres humanos e animais. Desenvolveu então vacinas contra o antraz e a raiva e deu origem a muitas pesquisas bem-sucedidas no combate a uma série de outras doenças. A capacidade excepcional de Pasteur para extrair de suas descobertas uma teoria geral acarretou significativas inovações à medicina. De imediato, salvaram milhões de vidas, gerando mudanças profundas no cotidiano das pessoas. Portanto, não é de estranhar que tenha ganho uma fama lendária ainda em seu tempo e que hoje, mesmo com uma atitude mais crítica em relação aos grandes vultos da ciência, suas realizações estejam sendo objeto de investigações mais intensas.

Louis Pasteur nasceu em 27 de dezembro de 1822, em Dôle, na França oriental. Seu pai, Joseph Pasteur, um sargento do exército de Napoleão e curtidor de couros por profissão, teve forte influência positiva sobre ele. Na juventude, Louis chegou a ser um pintor promissor — as telas, ainda existentes, revelam seu talento —, mas abandonou a pretensão artística aos 19 anos para seguir a carreira científica. Em seguida à sua formatura no *collège*, em Besançon, ele e a família decidiram que continuaria seus estudos em Paris, na École Normale Supérieure, que era, à época — e ainda o é hoje em dia —, a formadora de professores universitários em artes e ciências. É tão típico de sua diligência e do perfeccionismo, de seu egoísmo e excentricidade, que Pasteur, em 1842, quando obteve uma classificação baixa nos exames de seleção — até mesmo uma nota de “medíocre” em química —, chegou a recusar a matrícula. Estudou por mais um ano e prestou novo exame, matriculando-se, após suas notas o colocarem acima dos demais. Estudou física e química, titulando-se professor ao

passar pelo *agrégation* em 1846. No ano seguinte, defendeu duas teses, uma em física e a outra em química.

A primeira descoberta de Pasteur aconteceu em 1848 em cristalografia — então, um campo muito em voga —, mostrando seus poderes de persistência e de observação, além da habilidade para formular uma teoria geral.

Os químicos estavam intrigados pelo fato de certos cristais formados pelos tartaratos serem quimicamente iguais, porém com propriedades óticas diferentes, ou seja, alguns defletiam a luz, e outros, não. O termo *isômeros* fora inventado por J. J. Berzelius para descrever os compostos de partes iguais, porém sem deixar claro como isso acontecia. Ao usar pinças manuais com lentes e por meio de pesquisas tediosas e extremamente precisas, Pasteur conseguiu demonstrar que as duas formas de cristal eram, na realidade, imagens refletidas uma da outra. De acordo com a lenda, a solução de Pasteur para esse mistério levou-o a gritar o que se tornou sua citação mais conhecida: “*Tout est trouvé!*” Havia resolvido, como mostrou, não somente a estrutura do ácido tartárico, mas também descoberto as moléculas dissimétricas, uma classe totalmente nova de substâncias. E o estudo desse arranjo da estrutura molecular, que afeta as propriedades de um composto químico, passou a ser denominado de estereoquímica.

Em 1854, Pasteur aceitou a cadeira de química na Universidade de Lille, onde voltou seu interesse para o estudo da fermentação, a pedido de um industrial do local, que não conseguia entender o porquê de certas partidas de suco de beterraba não se converterem em álcool etílico. Ao estudar o problema, Pasteur ampliou sua investigação para incluir também a fermentação láctica e alcoólica. Era sabido que a produção de álcool a partir do açúcar era causada pela fermentação, posição defendida por JUSTUS LIEBIG [36] e outros químicos famosos da época.

Pasteur, entretanto, chegou a uma conclusão muito diferente: a fermentação é um processo biológico, a partir da multiplicação da levedura. Em 1857, publicou um breve artigo intitulado *Mémoire sur la fermentation appelée lactique* (Nota sobre a chamada Fermentação Láctica), que pode ser considerado uma das pedras fundamentais da microbiologia. Apesar de a teoria de Pasteur possuir algumas

incorreções, este artigo foi bastante eclético, ao sugerir que “existe uma categoria de criaturas cuja respiração é ativa o suficiente para obter oxigênio de certos compostos que são (...) sujeitos a uma decomposição vagarosa e progressiva”. Pasteur havia descoberto os organismos anaeróbios, além de fornecer a base científica a um processo já utilizado há séculos. O uso industrial das leveduras hoje inclui a produção de alimentos e de álcool e também a fabricação de vitaminas, antibióticos e hormônios.

Ao voltar a Paris em 1857, Pasteur tornou-se diretor de estudos científicos na École Normale. O estudo da fermentação levantou para Pasteur o problema da geração espontânea — a velha crença de que certas formas de vida surgem de onde inexistia vida. Essa noção, altamente plausível — minhocas e moscas, por exemplo, emergem do solo —, era consistentemente derrubada pela química orgânica. Pasteur, então, executou uma variedade de experiências engenhosas. Mostrou que o ar atmosférico sempre contém micro-organismos e que seres vivos sempre podem ser encontrados em substâncias como água com açúcar, quando exposta ao oxigênio. Por contraste, demonstrou repetidas vezes que substâncias suscetíveis à putrefação e à fermentação não suportavam a vida sem o ar. Aqueceu frascos de vidro com gargalos altos, e os organismos não apareceram depois da ebulição — e até que se introduzisse ar. Em dado momento, Pasteur foi às montanhas Jura, subiu no monte Poupet e abriu seus frascos, mostrando que essas regiões estavam relativamente sem contaminação. Conforme René Dubos: “Depois que Pasteur fez suas pesquisas, não havia mais nenhuma razão para acreditar que a geração espontânea jamais acontecesse — pelo menos nas condições normais.”

No decorrer de uma década, começando em torno de 1863, Louis Pasteur e suas teorias produziram um tremendo impacto na indústria francesa, e sua fama se tornou internacional. Ainda em 1863, por diretiva de Napoleão III, iniciou um estudo sobre as doenças dos vinhos, que por razões desconhecidas algumas vezes se transformavam em vinagre ou amargavam ou mesmo deterioravam. Pasteur demonstrou ser a decomposição bacteriana responsável por esses efeitos e, apesar de inicialmente considerar a introdução de algum anti-séptico no vinho, descobriu que um tratamento térmico

seria uma solução mais viável — e, na verdade, método já empregado por camponeses de algumas regiões da Espanha e de outros lugares. Depois da derrota da França para a Alemanha em 1871, Pasteur aplicou princípios semelhantes ao estudo da cerveja, um gesto considerado então não muito patriótico. A pasteurização — o aquecimento da cerveja ou do vinho por um curto período a 50-60°C — foi logo aplicada a uma série de alimentos, especialmente ao leite e seus derivados.

As doenças dos bichos-da-seda foram outra das preocupações de Pasteur durante a década de 1860, conseguindo salvar a tecelagem francesa da seda de uma catástrofe, mediante o controle do processo de reprodução, dirigido no sentido de evitar ovos contaminados.

Quando chegou, em 1873, ao ápice de sua carreira, seu trabalho em imunologia, sobre doenças infecciosas, que já durava 20 anos, passou a ser seguido muito de perto por um número sempre crescente de admiradores. Em 1880, Pasteur fez seu primeiro esboço para criar uma vacina, após ter isolado o organismo causador da cólera nas aves. Entretanto, para evitar confronto, guardou para si as descobertas que culminaram na formulação dessa vacina desenvolvida, simplesmente, através do enfraquecimento do micróbio quando exposto ao ar. Concluiu, então, que a redução da potência daquele organismo poderia ser responsável por uma situação de imunidade no animal, depois de uma inoculação.⁵ Assim, Pasteur, reconhecendo essa formulação como o princípio geral da imunidade, começa a mais importante e retumbante fase de sua vida.

O sucesso de Pasteur com a cólera avícola levou-o a atacar o problema do antraz, uma doença que afligia o gado e era transmitida aos seres humanos. Ao executar uma investigação impressionante, Pasteur chegou ao micróbio responsável por ela, sugerindo que seria transmitido pelas carcaças dos animais enterrados nos pastos. Ainda mais retumbante foi a demonstração, feita em público em 1881, de sua vacina contra o antraz e que ele dizia ter sido preparada com o vírus atenuado. Ao infectar 50 ovelhas com uma cultura virulenta, todos os 25 animais que não haviam sido primeiramente inoculados

⁵ Edward Jenner (1749-1823) havia desenvolvido um método de inoculação contra a varíola, mas não tinha meios para poder entender como funcionava.

com a vacina morreram. Essa experiência controvertida que Pasteur fora desafiado a demonstrar foi realizada com grande habilidade e largamente noticiada.

As experiências de Pasteur na imunologia, então incipiente, culminaram na famosa vacina contra a raiva, desenvolvida durante a década de 1880. Devido aos sintomas dramáticos e da mortalidade final, a raiva era uma doença particularmente insondável e amedrontadora. No laboratório, Pasteur conseguiu proteger cães pela injeção de uma forma atenuada da cultura seguida da inoculação de uma cultura de alta virulência. Ainda não havia testado a vacina em seres humanos e não foi tentado a fazê-lo até que um garoto, Joseph Meister, foi trazido em 1885 após ter sido mordido por um cão raivoso. Como se presumia que o garoto estava perdido sem a vacina, Pasteur, e não sem relutância, fez uma série de inoculações. O jovem Meister sobreviveu, e Pasteur ficou coberto de glória.⁶ Este sucesso final permitiu que Pasteur levantasse fundos, por meio de subscrição pública, para construir o instituto de medicina que hoje leva o seu nome.

Louis Pasteur casou-se com Marie Laurent em 1849 e tiveram quatro filhos, dois dos quais chegaram à idade adulta. Em 1868, Pasteur sofreu um derrame que o deixou parcialmente paralisado para o resto da vida. Morreu em St. Cloud, em 28 de setembro de 1895, e recebeu um enterro com honras de chefe de Estado e de herói nacional. Encontra-se enterrado, com sua mulher, numa cripta, hoje aberta à visitação pública, no Instituto Pasteur, em Paris.

Em nada nos surpreende tomarmos conhecimento de uma enorme capacidade para o trabalho e de uma memória excepcional como a de Pasteur. De maior importância, entretanto, era seu poder de combinar a habilidade de perceber os detalhes com uma faculdade de generalizar, aliada à abrangência e precisão. Essa habilidade — que pode ser percebida pela amplitude e pela clareza de seus trabalhos — ele divide com ISAAC NEWTON [1], ALBERT EINSTEIN [2], NIELS BOHR [3], CHARLES DARWIN [4] e SIGMUND FREUD [6]. Como vários desses personagens, também tem seu lado menos agradável:

⁶ Meister tornou-se depois o porteiro do Instituto Pasteur. Em 1940, de acordo com René Dubos, suicidou-se para não ter de se submeter aos invasores alemães, que exigiam que ele abrisse o mausoléu onde Pasteur havia sido enterrado.

teve pequenas hostilidades com CLAUDE BERNARD [13], era um patriota piedoso e um católico devoto que recusava considerar o darwinismo. Mas esses defeitos são mínimos, diante do que Jacques Nicolle chama de “seu talento excepcional para as observações incidentais que se abrem, assunto após assunto, para os trabalhos futuros — do mesmo modo que um rio irriga grandes áreas de terra sem perder o seu caminho para o mar”.

Visto com seriedade, como outros grandes cientistas e suas obras, Pasteur não confirma as declarações feitas por seus primeiros biógrafos. Recentemente, Gerald L. Geison, em excepcional trabalho, documentou como a vacina de antraz de Pasteur dependia não da atenuação, como ele dizia, mas de uma técnica desenvolvida por um rival; e decepções semelhantes também existem com relação a sua vacina anti-rábica. Reconhecendo que “o trabalho científico de Pasteur foi de enorme importância e fertilidade, e que alguns de seus princípios continuam a nos guiar ainda hoje”, Geison tentou esvaziar os aspectos desnecessários do que se conhece como a lenda pastoriana. “Aquela imagem foi feita num contexto que já perdeu muito de seu significado para nós — um contexto no qual as biografias heróicas eram usadas para transmitir verdades morais largamente aceitas e, nas quais, a ciência era vista como conhecimento diretamente útil e ‘positivo’. Mesmo numa era que necessita e busca os heróis, não temos mais que aceitar aquela imagem como se apresenta à primeira vista.”

6



Sigmund Freud & a Psicologia do Inconsciente

(1856 – 1939)

No final do século XIX, os avanços da ciência, da tecnologia e da medicina acarretaram enormes conseqüências para as vidas subjetiva e interior de homens e mulheres na civilização ocidental. A revolução industrial, a urbanização e as novas formas complexas da vida social, incluindo o crescimento de uma substancial classe média, expandiram a gama das diversas personalidades humanas e afetaram fortemente os relacionamentos interpessoais e sexuais. Portanto, não é surpreendente que, em 1900, no mesmo ano em que MAX PLANCK [25] descobriu os segredos da radiação do corpo negro, Sigmund Freud publicasse *A Interpretação dos Sonhos*.

Freud é o mais singular e significativo estudioso do novo entendimento do eu e suas transformações. Causaram muita polêmica em sua época, tanto quanto hoje, “os continuados extremos de hostilidade, que podem ser usados como um índice do impacto profundo da revolução freudiana”, como muito bem definiu o historiador I. Bernard Cohen.

Sigmund Freud nasceu em 6 de maio de 1856 em Freiburg, na Morávia oriental, cidade então pertencente ao império austro-húngaro. Atualmente conhecida como Příbor, faz parte da República Tcheca. Seus pais foram Jacob Freud, homem de negócios, de muita cultura, mas de pouco sucesso, e Amalie Nathanson. Quando Sigmund, um entre oito filhos, tinha três anos, a família mudou-se para Viena. Recebeu alguma instrução em casa e foi um aluno excepcional no ginásio, onde se formou aos 17 anos. Apesar de ter pensado em estudar direito, acabou decidindo pela medicina, mas escreveu a um amigo em 1873: “Decidi me tornar um cientista natural.” Para um estudante de origem modesta, isso significava dedicar-se à medicina. Mais tarde, naquele mesmo ano, Freud entrou para a Universidade de Viena, onde se formou em 1881.

Seu primeiro trabalho científico foi feito durante este período, um artigo sobre a enguia-macha nos rios, publicado em 1877, e reflete o interesse de Freud em fisiologia, matéria que estudou no instituto dirigido por Ernst Brücke de 1876 até 1882. Apesar de poder continuar suas pesquisas naquele local, saiu à procura de um futuro financeiramente mais auspicioso na medicina, bastante necessário, já que em 1882 ficara noivo de Martha Bernays, com quem se casou em 1886.

Durante três anos, entre 1882 e 1885, Freud estudou no Hospital Geral de Viena, iniciando a primeira pesquisa sobre cocaína. Durante um tempo, tornou-se um defensor dessa droga, e, por sua causa, um amigo descobriu a utilidade dela na cirurgia oftálmica. Em 1885, Freud passou seis breves, mas importantes meses em Paris, onde foi influenciado por Jean Charcot, à época um dos maiores neuropatologistas franceses, então interessado em estudar a histeria, uma doença psicológica, análoga à atual anorexia nervosa, pois cria sintomas graves sem uma causa definida, nem física, nem hereditária. Acreditava-se de modo geral que a histeria era uma

doença unicamente do sexo feminino, embora Charcot pensasse de outra maneira. De volta a Viena, Freud proferiu uma conferência sobre histeria masculina, que teve a oposição de vários colegas. Theodor Meynert, um conhecido psiquiatra, excluiu Freud de seu laboratório de anatomia cerebral. "Retirei-me da vida acadêmica", escreveu Freud mais tarde, "e deixei de freqüentar as sociedades profissionais."

Como neuropatologista, Freud tentara usar em sua clínica particular métodos comumente recomendados, tais quais massagens e eletroterapia, e os estágios iniciais da psicanálise refletem seu desapontamento, bem como seus esforços iniciais para encontrar uma explicação nova e mais abrangente para as desordens "nervosas". Ao usar o hipnotismo, com Josef Breuer, um conhecido generalista e pesquisador, Freud explorou o caso de histeria de uma jovem conhecida por Anna O., publicando, em 1895, *Estudos sobre a Histeria*. Com o uso da técnica de Breuer da "ab-reação"— a descarga emocional que alivia o conflito intrapsíquico — Freud reconheceu que os sintomas poderiam ser causados pelo conteúdo sexual de fantasias reprimidas.

Ao partir desse conhecimento, Freud desenvolveu, no final da década de 1880, a noção fundamental de que o comportamento neurótico relaciona-se a uma defesa psicológica contra idéias inaceitáveis. Com o tempo, criou uma série de possíveis teorias que colocavam a sexualidade na raiz da neurose e explicavam que a insatisfação com a vida sexual era responsável por sintomas de ansiedade e histeria. Todas essas idéias, incluindo a de que o trauma sexual na infância desenvolvia a neurose, foram aperfeiçoadas mais tarde. Nesse meio-tempo, começou, em torno de 1895, uma amizade quase que apenas epistolar com Wilhelm Fliess, um médico de Berlim, que lhe deu uma oportunidade ímpar para examinar muitos de seus próprios conflitos emocionais e para testar uma série de idéias teóricas. Deste período provém o que ele mais tarde chamaria de "auto-análise", bem como um importante "Projeto": colocar a psicologia numa base neurofisiológica. Apesar de essa análise ter sido descrita como um sucesso parcial e o "Projeto" ter sido abandonado, esse foi um período extremamente produtivo. A psicanálise recebeu este nome em 1896.

Em 1900, Freud publicou *A Interpretação dos Sonhos*, a conclusão de seu trabalho anterior sobre as psiconeuroses e a saída na direção de uma psicologia geral. A tese principal de Freud, de que os sonhos têm significados decifráveis que se relacionam com o conflito inconsciente, continha uma aplicabilidade universal que ele examinou mais detidamente durante as quatro décadas seguintes. De modo geral, Freud construiu um modelo, enraizado em termos darwinianos e neurológicos, dos impulsos sexuais e agressivos à procura de satisfação. Em 1904 publicou *A Psicopatologia da Vida Cotidiana*, uma análise dos erros de linguagem e de outros erros de motivação psicológica. Um ano depois, publicou seu *Três Ensaios sobre a Sexualidade*, que deu uma visão inédita do desenvolvimento emocional, em que os conflitos adultos são ligados à nova noção de sexualidade infantil e o que veio a ser chamado de conflito de Édipo. A descoberta do forte relacionamento entre o corpo e o crescimento emocional e cognitivo é uma das conclusões mais significativas de Freud.

A psicanálise como teoria foi um tremendo sucesso, apesar das críticas, e sua larga influência logo se fez sentir. Não sendo somente um tratamento das doenças mentais neuróticas, a psicanálise revela o porquê do modo de falar, dá uma explicação dos detalhes e do significado geral dos costumes e dos rituais, iluminando a motivação infantil por trás das crenças comumente aceitas. O reconhecimento da existência de sentimentos e de fantasias sexuais e de agressão nas crianças por fim levou a mudanças, adotadas com frequência, mas de maneira difusa, nas técnicas de criação e educação infantil e na maneira, completamente nova, de entender a criança.

Como método de tratamento, a psicanálise é muito mais difícil de avaliar, pois desde o começo faltou-lhe um critério confiável — ou desejável — para a cura, tal como pode ser encontrado na medicina para doenças específicas. Entretanto, o caráter robusto da teoria era evidente pela maneira com que Freud e os outros analistas — que começaram a aderir ao “movimento” depois de 1900 — desenvolveram uma variedade de técnicas e conceitos duráveis para poder manter a situação psicanalítica ou “falar de cura”. É a *livre associação* à regra básica pela qual o paciente era solicitado a verbalizar tudo que lhe vinha à mente; o analista, em contraste,

normalmente se mantinha em silêncio, à exceção de algumas interpretações cuidadosamente dosadas. A *resistência*, expressa por uma série de maneiras, impedia o tratamento, mas tornava-se inevitável no *trabalho de atravessamento* dos conflitos dos pacientes, chegando-se assim a um entendimento do eu e dos conflitos emocionais, de melhor textura, com um maior número de nuances e mais honesto. Talvez o conceito analítico realmente importante seja a *transferência*, pela qual Freud se referia aos sentimentos de ligação suave e de agressão que o paciente experimenta com relação ao analista — em princípio, por nenhuma razão.⁷ A psicanálise pode fornecer, como nenhuma outra teoria psicológica, investigações razoáveis através da linguagem, das minúcias das fantasias e das sutilezas da experiência emocional.

Durante as primeiras décadas do século XX, a teoria de Freud desenvolveu-se em diversas direções, tanto clínica quanto teoricamente. Um número expressivo de escolas de análise apareceu, baseado em novas hipóteses (como o “trauma do nascimento”, de Otto Rank) ou na rejeição de algumas partes da teoria em desenvolvimento. No final da década de 1920, a psicanálise clínica mudou de ênfase, deixando de expor os conflitos reprimidos dos pacientes e privilegiando o exame dos seus meios de defesa psíquica. Freud introduziu, em lugar de uma “topografia” do inconsciente e do consciente, uma divisão um pouco vaga da mente, em três partes, definidas por sua função. Na teoria estrutural de Freud, um *id* infantil e não diferenciado evolve um *ego*, no qual reside a personalidade consciente, bem como o *superego*, que é punitivo. (Esses termos parecem muito técnicos e falham na transmissão de seu significado, do mesmo modo que os físicos, com os termos *trabalho* e *força*, utilizados como tentativa de dar uso científico a termos corriqueiros.) A tarefa da psicanálise transformou-se então, em seus termos mais gerais, na tentativa de modificação da aridez do *superego*.

⁷ Um exemplo maravilhoso de transferência é fornecido pela falecida psicanalista Helene Deutsch. Ainda durante seu período de análise com Freud, numa tarde estava olhando uma vitrine perto da casa dele e começou a chorar enquanto pensava: “O que fará agora a pobre esposa do professor?” Ela imaginava que Freud estava prestes a deixar a mulher para se casar com ela.

Os nazistas na Alemanha proibiram a psicanálise, o que — como aconteceu com os físicos — resultou numa importante corrente migratória para os Estados Unidos. Em 1938, depois de os nazistas invadirem a Áustria, Freud finalmente tomou a decisão de partir, mas só conseguiu se retirar com dificuldade. Estabeleceu-se na Inglaterra pouco antes da sua morte, em Londres, em 23 de setembro de 1939.

Muito tem sido escrito e fantasiado sobre a personalidade de Freud, de tal forma que os esforços feitos aqui para descrevê-la resumidamente certamente serão insuficientes. Apesar de ser capaz de se sentir deprimido, Freud era essencialmente equilibrado e cordial. Seus relacionamentos, especialmente com os homens, foram algumas vezes intensos e conflitantes, em parte devido aos seus próprios sentimentos não resolvidos de onipotência. Falava muito bem e era um bom contador de histórias e gostava de contar piadas, tendo até escrito um livro, *Piadas e sua Relação com o Inconsciente*. Viveu uma vida típica de classe média com Martha Bernays, com quem teve cinco filhos, entre os quais Anna, que se tornou uma psicanalista de renome. Em matéria de religião, era um ateu militante. Com os filhos, parecia ser um bom pai, apesar de não ser emocionalmente expansivo, como o foi com suas filhas e com os netos.

A herança deixada por Freud é tão complexa quanto a de CHARLES DARWIN [4] e, do mesmo modo que na biologia, seu pensamento tem sido a razão de muitas disputas acirradas. Apesar de a evidência científica poder ser somada para confirmar ou contradizer as várias hipóteses psicanalíticas, estas ainda não foram aperfeiçoadas, seja pelo progresso da ciência com relação ao cérebro, seja por qualquer melhora passível de ser considerada da vida cotidiana. Os próprios psicanalistas têm grande parcela de culpa pela suspeita antiga por parte de alguns cientistas com relação à sua profissão e à sua teoria. Durante muito tempo, não conseguiram desenvolver um consenso sobre as regras básicas que estariam em equilíbrio com a ciência contemporânea. E, pior, o continuado uso, por alguns de seus mais importantes personagens, da “teoria do instinto” — que tem no momento o mesmo conceito científico do flogístico — e, ainda mais, em escala geral, no uso de um modelo



O Museu Freud em Viena.

médico da doença, afetou ainda de maneira bem forte seu conceito global. Na década de 1960, o dogmatismo e a desordem nessa área impediram que o físico teórico MURRAY GELL-MANN [45] tentasse fazer com que a teoria analítica ficasse firmemente situada em termos científicos.

Os problemas de avaliar o próprio Freud também aparecem de dentro e de fora dessa profissão idiossincrática. Nos Estados Unidos, toda uma geração de americanos bem educados aprendeu na faculdade que a psicanálise não é científica — conceito ensinado pelos professores de comportamento cujos próprios projetos agora estão desacreditados. Ao mesmo tempo, um dos problemas mais persistentes de Freud foi sempre a tremenda reverência de seus colegas por ele. Baseado num retrato feito no estilo heróico em 1926, K. R. Eissler descreveu Freud como “tendo um rosto inescrutável, sábio e compreensivo do qual os olhos miram com atenção; um rosto que não muda com as trágicas eventualidades deste mundo; um rosto que nunca mais poderá sentir medo e que, apesar da expressão de tristeza, é estranho ao desespero; um rosto controlado, com uma pequena sugestão dos gestos olímpicos que Goethe tanto gostava de mostrar ao mundo”. Esse tipo de enobrecimento não é desconhecido também na ciência — ALBERT EINSTEIN [2] também era descrito em termos semelhantes —, mas é uma atitude não condizente com uma tarefa que tenta descobrir as raízes emocionais de tal extravagância.

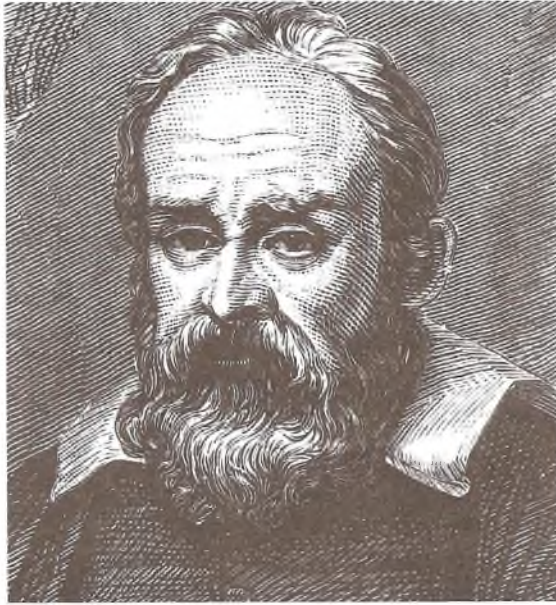
No final do século XX, o problema mais sério da desmistificação de Freud tornou-se aparente, na medida em que sua influência ultrapassava tanto a dos seus zelosos imitadores quanto a dos seus críticos mais rigorosos. Historiadores e filósofos da ciência que hoje encaram o empreendimento científico com mais humildade do que há uma geração não estão suficientemente convencidos a excluir a psicanálise.⁸ Sempre se poderá dizer que Freud não era um cientista — FRANCIS CRICK [33] acredita que ele apenas “escrevia bem” e Peter Medawar chamou a psicanálise de “a mais estupenda vigarice intelectual do século 20”. Mas, como indica Robert Holt, “não seria nenhum truque para um patologista encontrar frases nos trabalhos de RUDOLF VIRCHOW [17] que são falsos, pelos padrões atuais, ou para um fisiologista fazer picadinho de CLAUDE BERNARD” [13]. O conteúdo emocionalmente provocante dos trabalhos de Freud determinou muito de sua vulnerabilidade.

Se não tivesse dado frutos, a influência de Freud deveria logicamente ter diminuído, meio século depois de sua morte; porém, muito semelhante à teoria copernicana, os conceitos psicoanalíticos em vez disso continuaram a se desenvolver. Mas não se podem ler os teóricos das relações com os objetos, tal como W. R. D. Fairbairn, sem reconhecer que a teoria freudiana pode ser tratada de uma maneira científica; e é difícil negar o valor das teorias de desenvolvimento de Margaret Mahler e de René Spitz, entre muitos outros. O impacto geral provocado por Freud continuou a se espalhar, e a magnitude de sua influência na cultura euro-americana explica seu lugar neste volume. “É comum”, escreve Peter Gay, “que todos falem da mesma maneira que Freud, hoje, quer o reconheçamos ou não.”

As propostas da psicanálise podem ser negadas, do mesmo modo que milhões de pessoas continuam a rejeitar a evolução das espécies e a descendência do homem. Mas tal negligência, forçada pela vontade, não pertence à ciência.

⁸ A literatura sobre Freud e sobre a psicanálise é extensa, e vários trabalhos recentes merecem menção. O excepcional *Freud*, de Peter Gay, é o retrato mais bem equilibrado publicado. Uma discussão bem fundamentada do *status* científico da psicanálise se encontra no livro de Robert R. Holt, *Freud Revisto*. Os que preferem ver Freud como um pseudocientista, apesar de muito influente, serão encorajados pela leitura de *Fraude Freudiana*, de E. Fuller Torrey.

“Sigmund Freud”, escreveu o físico Eugene Wigner, ganhador do Prêmio Nobel, “era decididamente um gênio. Sozinho, criou uma nova ciência — e quantos já fizeram isso?”



Galileo Galilei

& a Nova Ciência

(1564 – 1642)

Galileo permanece como um dos antigos personagens científicos mais fascinantes, e sua vida e obra já inspiraram uma multidão de historiadores e críticos. Suas realizações são inúmeras. Estabeleceu os fundamentos da mecânica clássica, e sua descrição do céu noturno por meio de uma luneta lançou as bases da astronomia física. Mas talvez mais significativo é ser Galileo o exemplo de uma nova dimensão científica. Por sua retórica e pela força de sua personalidade, alicerçada no racionalismo matemático, ajudou a estabelecer o modelo copernicano do sistema solar como uma revolução da ciência. Plenamente imbuído das implicações filosóficas e das novas

descobertas, em nada surpreende ter também se tornado uma controversa figura, bastante conhecida em sua época, constituindo-se num embaraço para o dogma e a autoridade da Igreja Católica. Os críticos vêm debatendo há tempos a natureza de seu espírito de pesquisa científica; mas a influência de Galileo, em termos históricos, é enorme.

Galileo Galilei nasceu em Pisa, na Itália, no dia 15 de fevereiro de 1564, filho de Vincenzo Galilei, músico e comerciante, e de Giulia Ammannati. (A repetição do sobrenome no primeiro nome era um costume toscano.) Quando ainda criança, sua família, que não era rica, mudou-se para Florença, e lá Galileo cursou o colégio do convento jesuíta; após ter se tornado um noviço com 15 anos, viu-se forçado pelo pai a se retirar. Em 1581, entrou para a Universidade de Pisa, planejando estudar medicina, mas não gostou, adquirindo fama de discordar de tudo. Logo transferiu seus interesses para a matemática e, depois de deixar a universidade em 1585, sem um diploma, retornou a Florença para ser professor. Em 1592, depois da morte do pai, mudou-se para Pádua, onde passou a lecionar, mantendo sua conduta intelectual; entre outras atividades, inventou uma bússola militar. Vivia bem e possuía uma amante, Marina Gabba, e, para desespero de sua velha mãe, teve vários filhos ilegítimos.

O primeiro trabalho expressivo de Galileo, o *De motu*, trata da dinâmica do movimento e reflete seu ceticismo com relação aos princípios reinantes da ciência escolástica, então se desmoronando. De acordo com Aristóteles, um objeto em movimento necessita de algo que o mova constantemente; entendia-se que uma bola, por exemplo, seria movida pelo ar que a empurra por trás. Este, um ponto vulnerável da física aristoteliana, tornou-se um dos primeiros focos de interesse para ele. Provavelmente, Galileo foi influenciado pelos engenheiros de balística, alguns dos quais já haviam percebido que a bala que se move parece ser puxada para baixo em direção ao solo. Reconheceu a importância de tais observações e, experimentando ele próprio com uma bola caindo de uma mesa, formulou uma lei geral: os projéteis fazem um caminho curvo ao cair. E, como matemático profundamente influenciado por ARQUIMEDES [100], resumiu tal descoberta numa fórmula matemática simples, descrita

pela primeira vez em carta datada de 1604. (Erros nos cálculos de Galileo deram margem a considerável especulação entre os filósofos da ciência com relação à intenção da sua linha de raciocínio.)

Uma nova e importante fase na carreira de Galileo começou em 1609, quando soube da invenção do telescópio. Construiu o seu próprio modelo, que trazia os objetos até a mil vezes mais perto do que apareciam a olho nu, e então mirou a Lua. Apesar de os corpos celestes até então terem uma forma perfeita, de acordo com a velha ciência do cosmo, Galileo descobriu que o satélite da Terra era cheio de crateras. Viu picos e vales e o que imaginou serem mares. Olhando ainda mais longe no céu noturno, descobriu que a Via Láctea era constituída, ou pelo menos assim parecia, de uma infinidade de estrelas nunca antes vistas.

Na verdade, a publicação em 1610 do *Siderus Nunicus* (*O Mensageiro das Estrelas*) causou sensação; e o historiador J. R. Ravetz referiu-se ao pequeno livro como “talvez o maior clássico de ciência popular jamais escrito e também uma obra-prima de propaganda sutil para o sistema copernicano”. Sábios de todas as facções compraram e leram o *Siderus Nunicus* e, em cinco anos, existia até uma edição em chinês, traduzida por um jesuíta. Talvez a descoberta mais intrigante e excepcional feita por Galileo tenham sido os quatro objetos que pareciam circular (mudando de posição noite após noite) em torno do conhecido planeta Júpiter. Para Galileo, eram, sem dúvida, satélites e se pareciam com o sistema copernicano em miniatura.

O sucesso do *Siderus Nunicus* levou Galileo para o caminho de outras descobertas e até para uma rota de colisão com a Igreja Católica. Entretanto, ele havia, antes de mais nada, se tornado um homem famoso, e na audiência com o Papa, em 1611, este foi amistoso e encorajador. Logo adquiriu um protetor poderoso que havia sido seu aluno, Cosme II, o grão-duque de Toscana, que o nomeou matemático e filósofo chefe daquele ducado. Em 1612, em seu *Discurso sobre os Corpos Flutuantes*, estabeleceu a hidrostática e, no ano seguinte, publicou uma série de cartas em que discutia suas observações acerca das manchas solares. Nestas, Galileo explicitamente aprovava COPÉRNICO [10] e fez uma primeira formulação do princípio da inércia. A essa altura, já havia provocado a ira das

autoridades eclesiásticas. Quando em 1616 visitou Roma, Galileo foi instado a deixar de ensinar os pontos de vista heliocêntricos de Copérnico, contra os quais um decreto formal fora promulgado. Galileo não foi acusado de heresia, entretanto, e pode ter feito uma avaliação essencialmente otimista da situação. Os documentos históricos são ainda uma fonte de constante debate.

Quando em 1623 Galileo publicou *O Avaliador*, um trabalho polêmico sobre a natureza dos cometas, dedicou-o ao novo papa Urbano VIII (seu amigo Mafeo Barberini), que lhe havia oferecido suporte. Galileo esperou que fosse anulado o decreto de 1616. Mas, com a morte de seu protetor Cosme II, Galileo tornara-se mais vulnerável do que antes; além do mais, as mensagens controversas que seu velho amigo Barberini passou a lhe enviar mostravam um papa mais preocupado com a ação militar do que com as artes científicas.⁹ Entretanto, tendo obtido permissão para discutir os sistemas do mundo desde que chegasse às conclusões corretas, Galileo escreveu o *Diálogo Relativo aos Dois Sistemas Principais do Mundo*, publicado em 1632. Neste trabalho, uma obra-prima da ciência, é difícil não perceber a forte identidade de Galileo com seu pai, autor do semelhante *Diálogo sobre a Música Moderna e Antiga*. Psicologicamente, este fato provavelmente impediu Galileo de perceber a gravidade do que havia feito.

Apesar do grande sucesso, quando publicado em março de 1633, em seis meses o inquisidor apareceu. O *Diálogo* foi proibido, e Galileo foi logo chamado mais uma vez a Roma, onde ficou oficialmente preso. A famosa audiência de Galileo com o papa Urbano VIII e seu interrogatório pelo inquisidor sempre foram objeto de muita discussão durante todos esses anos. O ponto principal era a desobediência de Galileo às restrições de 1616. Ele foi criticado por sua covardia em relação a esses julgamentos; na verdade, era um prisioneiro político, velho e enfermo, literalmente ameaçado com tortura, numa época em que os hereges eram comumente e, com grande fanfarra, queimados em praça pública. No final, a Igreja proibiu e mandou queimar os *Diálogos*, colocou

⁹ Há alguns anos o estudioso Pietro Redondi encontrou documentos no Vaticano sugerindo ter sido um jesuíta, Orazio Grassi, a quem Galileo havia ridicularizado em *O Avaliador*, o responsável pelo julgamento que se seguiu.

Galileo em desgraça num grande espetáculo público e recusou-se a transformá-lo em mártir, pois foi aprisionado em circunstâncias razoavelmente toleráveis.

Como testamento do poder pessoal de Galileo, a condenação da Igreja não o liquidou. Seu livro *Discurso sobre Duas Novas Ciências*, publicado em 1634, repetia as experiências sobre os princípios da mecânica. Em 1637 fez a última descoberta científica: a oscilação da Lua. Apesar de o *Diálogo* ter sido proibido, foi logo divulgado por toda a Europa protestante. Galileo foi visitado pelo poeta John Milton e pelo filósofo Thomas Hobbes. Suas derradeiras cartas onde professa sua fé na física de Aristóteles dão hoje a impressão de pura ironia. Galileo ficou cego, aparentemente de catarata, e morreu em 9 de janeiro de 1642.

Três séculos e meio após sua morte, o papa João Paulo II, que foi arcebispo de Cracóvia e gostava de se chamar de “Cônego de Copérnico”, admitiu, em nome da Igreja Católica, que Galileo havia sido injustiçado. Tal admissão, feita em 1992, que parece obedecer a uma motivação de relações públicas, recebeu uma ótima manchete no *New York Times*: “Depois de 350 anos, o Vaticano diz que Galileo estava certo: a Terra se move.” Três anos antes, em outubro de 1989, *Galileo*, uma sonda espacial, foi lançada da nave *Atlantis* e chegou em 1995 a Júpiter, cujas quatro luas Galileo viu há 385 anos.

Como grande figura tradicional da ciência, seu trabalho integrou-se com o de ISAAC NEWTON [1]. Entretanto, a real influência de Galileo vem sendo o escopo de muitos trabalhos escolásticos nas gerações passadas. Em 1939, Alexandre Koyré descreveu a importância de Galileo para a ciência como primariamente conceitual e filosófica e acentuou a ênfase de suas experiências. Isso gerou muito interesse e debate e levou Stillman Drake a uma reavaliação cuidadosa das notas e manuscritos de Galileo. Concluiu que “uma imagem coerente emerge dele (Galileo) como a de um cientista físico reconhecidamente moderno”. Suas investigações do fenômeno gravitacional foram pioneiras. De qualquer modo, Galileo permanece, junto com JOANNES KEPLER [9], como o personagem mais significativo da revolução científica anterior a Newton.



Antoine Laurent Lavoisier

& a Revolução na Química

(1743 – 1794)

Antoine Lavoisier foi o fundador da química moderna, e tanto seu trabalho quanto seu destino refletem a revolução no pensamento e no cotidiano da vida na Europa no final do século XVIII. Entre muitas outras realizações, explicou como o processo de combustão necessita do oxigênio; desenvolveu o conceito do elemento como substância básica e chegou ao princípio da conservação da matéria nas reações químicas. Seu *Traité Élémentaire de Chimie*, em que ele fez para a química “o que Newton havia feito para a mecânica um século atrás com o *Principia*”, como observou Douglas McKie, foi fundamental para o crescimento da indústria. Do mesmo modo que

os outros grandes fundadores da ciência, Lavoisier reconheceu a importância da análise quantitativa, despendendo grandes somas de dinheiro em instrumentos de precisão. Em 1793, durante os amargos dias da Revolução Francesa — já no terror — os *bonnets rouges* vieram prendê-lo; conta-se que o encontraram fazendo uma experiência com respiração e perspiração, usando um assistente enrolado num saco de seda com somente um buraco para respirar. Lavoisier foi julgado e guilhotinado.

Antoine Laurent Lavoisier, filho mais velho de Jean-Antoine Lavoisier, um advogado, e de Émilie Punctis, nasceu em 26 de agosto de 1743. Sua mãe, de família rica, morreu em 1746, e Antoine foi, daí por diante, criado por uma tia, Clémence Punctis, que o adorava. Cresceu em Paris e freqüentou por nove anos o prestigiado colégio Mazarin, famoso por seus cursos de ciências. Mas também estudou advocacia e formou-se em jurisprudência em 1763. Seu aprendizado jurídico teve uma influência muito importante em suas habilidades retóricas, que eram consideráveis, e tornou-o um cético com relação às teorias científicas contemporâneas. Além disso, possuía grande ambição pessoal.

Ainda cursando o colégio, Lavoisier interessou-se por ciência, aprendeu botânica básica no Jardin du Roi e, por volta de 1762, começou a assistir às conferências sobre química ministradas por Guillaume-François Rouelle. Também estudou em outras fontes, entre as quais o artigo sobre química da enciclopédia de Diderot, preparado sob a influência do *Principia*, de Newton. Em 1763, Lavoisier acompanhou o geólogo Jean-Etienne Guettard, um amigo íntimo de sua família, numa longa viagem através da França, com a missão de catalogar minerais. Essa investigação dos recursos naturais franceses refletia a apreensão daquela monarquia quanto ao nascimento da revolução industrial na Inglaterra. Na verdade, toda a carreira de Lavoisier, até sua morte, sempre esteve intimamente ligada com as fundações da indústria e do capitalismo e com a desintegração da velha ordem na França.

Em 1765, Lavoisier apresentou um relatório à Academia Francesa sobre a natureza da gipsita, então utilizada para fazer o gesso de Paris; no ano seguinte, recebeu uma medalha de ouro da Academia Francesa por um estudo teórico sobre a melhor maneira de iluminar as ruas

parisienses. Por essa época, também se tornou independente financeiramente ao receber uma grande herança e passar a acionista de Ferme Générale, uma companhia particular que coletava impostos para o rei. Os *fermiers* eram detestados devido aos abusos e à corrupção que praticavam; apesar de ser politicamente um liberal, Lavoisier sofreria mais tarde, em decorrência dessa associação. Em 1771 casou-se com Marie-Anne-Pierrette Paulze, uma moça de 14 anos e que veio a ser sua assistente laboratorial, ilustradora de seus trabalhos e tradutora de artigos escritos por cientistas ingleses. Bem conhecidos na sociedade dos intelectuais franceses, tiveram um casamento feliz, mas sem filhos. Jacques Louis David pintou um famoso retrato dos dois.

Admitido formalmente na Academia Francesa em 1768, Lavoisier, durante as duas décadas seguintes, executou numerosos estudos sobre grande variedade de assuntos, entre os quais o problema da adulteração dos alimentos, a natureza do magnetismo animal e a condição das prisões. Como funcionam as tinturas, como enferrujam os metais, como a água pode ser armazenada a bordo dos navios em viagens longas e como a fabricação do vidro poderia ser melhorada são alguns dos quase 200 relatórios concluídos por Lavoisier durante o quarto de século que se seguiu. Em 1775, nomeado para a Comissão da Pólvora, mudou-se para o Arsenal, perto da Bastilha, onde instalou um sofisticado laboratório.

A extensão do gênio científico de Lavoisier e sua forte ligação com o social ficam evidentes pelos estudos práticos que realizou, como o da potabilidade da água parisiense. Solicitado a estabelecer se a água, trazida a Paris por um canal aberto, era de pureza aceitável, fez uma análise por meio da evaporação e do exame do conteúdo sólido remanescente. Lavoisier reconhecia que a água poderia conter impurezas e, portanto, via-se forçado a contestar a teoria de que a água podia ser simplesmente “transmudada” em terra. Em 1772, Lavoisier sugeriu que toda a matéria possuía três estados possíveis: sólido, líquido e gasoso. Pelo reconhecimento da importância do estado gasoso, o que implicava a conservação da matéria nas reações químicas, Lavoisier apontou um interessante elemento teórico de investigação.

A descoberta mais significativa e famosa de Lavoisier, o novo conceito de combustão, teve como consequência a descoberta do

oxigênio. No alvorecer do século XVII, o *flogístico*, uma substância hipotética, havia sido proposto para explicar como as substâncias se queimam e, mais tarde, foi invocado na interpretação de muitas reações químicas diferentes. Tido como um componente básico de todos os inflamáveis, supunha-se ser emitido pela fumaça e pela chama durante a combustão. O carvão, por exemplo, era considerado como composto principalmente de flogístico, colocado no mineral durante sua purificação. Provas contraditórias, como o fato de os metais ganharem peso com a oxidação quando queimados, foram ignoradas.

Em 1772, após realizar experiências com enxofre, fósforo e outros produtos químicos, Lavoisier ofereceu, numa nota entregue à Academia Francesa para estabelecer sua prioridade, uma nova hipótese: a de que a combustão, ao contrário de emitir o flogístico, absorvia o ar e necessitava dele para seu processo. Hipótese incorreta, porém Lavoisier naquele momento apenas investigava a quantidade considerável de trabalhos executados por outros químicos (a maioria britânicos) sobre os vários “ares”. E eles já haviam descoberto substâncias (hoje identificadas assim) como monóxido de carbono, nitrogênio e cloreto de hidrogênio. Lavoisier escreveu, em 1773, que planejava repetir experiências anteriores “para poder ligar nosso entendimento do ar, que entra na combustão ou é liberado das substâncias, com outros conhecimentos adquiridos para poder formar uma teoria”. Em 1774, o resultado dessas pesquisas foi publicado sob o título de *Opuscules physiques et chimiques*.

Lavoisier chegou ao oxigênio em 1778, depois de mais de quatro anos de experiências e com a ajuda dos trabalhos de Joseph Priestley, que havia reconhecido as propriedades especiais do “ar deflogisticado”, produzido pelo aquecimento de óxido de mercúrio. Enquanto Priestley não abandonava a teoria do flogístico, Lavoisier conseguiu identificar “a parte mais saudável e pura do ar” como sendo o oxigênio.¹⁰ O contexto do trabalho de Lavoisier foi a interpretação

¹⁰ Lavoisier não registrou o crédito a Priestley por seu trabalho sobre o oxigênio, mas nem isso, nem a cuidadosa anotação de prioridade, nem a disputa sobre a descoberta da água devem dar a impressão de um cientista solitário e ciumento. Frederic Lawrence Holmes mostrou que “uma fonte importante do sucesso de Lavoisier era sua capacidade de atuar em colaborações criativas”. Um desses colaboradores foi PIERRE SIMON DE LAPLACE [29].

da acidez; porque era encontrada em certos ácidos, chamou a substância de oxigênio, que significa “formador de ácido”. A denominação permaneceu apesar de não corresponder à realidade. Mais importante ainda, Lavoisier reconheceu que o oxigênio reagia com os metais para formar óxidos e, com não-metais, para formar ácidos. Metal em processo de ficar enferrujado, matéria vegetal ou animal em decomposição e a combustão da madeira são alguns exemplos de oxidação. E, como mostrou Lavoisier, a combustão é um processo químico básico da respiração, em que o oxigênio do ar é absorvido, e o dióxido de carbono, ejetado.

Lavoisier também é creditado como o descobridor da composição da água. Essa descoberta está presa às reivindicações de prioridade feitas pelos cientistas britânicos Joseph Priestley, Henry Cavendish e James Watt — que perceberam como o oxigênio e o hidrogênio podiam ser transformados numa espécie de neblina se uma centelha elétrica fizesse com que combinassem. A neblina parecia ser, e era, nada mais do que água, e Lavoisier foi o primeiro a identificar corretamente seus elementos.

Fica evidente, pelo que foi dito, que Lavoisier tinha em mente um programa global, altamente ambicioso, e encarava suas descobertas como estabelecedoras de um campo completamente novo da ciência. Reconheceu a importância da retórica e, para chegar a seus objetivos, editou uma revista, os *Annales de Chimie*, publicada ainda hoje. Em seu trabalho *Méthode de nomenclature chimique*, publicado em 1787, criou um sistema para dar nomes aos produtos químicos que lembrava as propriedades importantes ou seus constituintes e inventou um sistema de símbolos. Apesar da oposição inicial dos cientistas britânicos e alemães, esse sistema sobreviveu, com muito poucas mudanças, até os dias atuais.

Em 1789, o livro de Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, propunha princípios básicos e uma teoria de como os compostos químicos são formados a partir dos elementos. Mais importante porém foi seu postulado sobre a conservação da matéria durante as reações químicas, tornando o *Traité* um trabalho moderno, bem como seus pontos de vista sobre a ciência: “Não devemos confiar em nada, exceto nos fatos; estes nos são apresentados pela Natureza e não podem enganar. Devemos, em cada caso, submeter nosso

raciocínio ao teste da experiência...” Lavoisier, ao mesmo tempo, reconheceu os limites impostos pelos instrumentos e pelas técnicas. Não propôs que os elementos, por exemplo, fossem eternamente considerados substâncias simples, mas sim que não podiam ser mais divididos “no estado atual de nosso conhecimento”.

Lavoisier teria expandido o *Traité*, que é relativamente curto e fácil de ler, se não fosse a Revolução Francesa. Apesar de ser um personagem do Renascimento, que apoiava os objetivos iniciais da Revolução, ele havia, sem dúvida, lucrado com o velho regime, como *fermier général* e, além disso, durante o Terror de 1793, seu inimigo Jean-Paul Marat subiu por breve tempo ao poder. Lavoisier foi preso no final daquele ano e julgado na primavera seguinte, juntamente com outros 30 coletores de impostos. Foi julgado culpado e, quando suas realizações científicas foram trazidas ao conhecimento da Corte, Judge Coffinhal (que foi mais tarde também guillotinado) retrucou: “A República não tem necessidade de cientistas.” Esse comentário, de acordo com George B. Kauffman, é apócrifo. Mas, depois de Antoine Lavoisier ser executado em 8 de maio de 1794, o matemático Joseph Louis de Lagrange realmente declarou: “Num mero instante, aquela cabeça foi cortada; entretanto, outros cem anos podem não produzir outra igual.”



Johannes Kepler & o Movimento dos Planetas

(1571 – 1630)

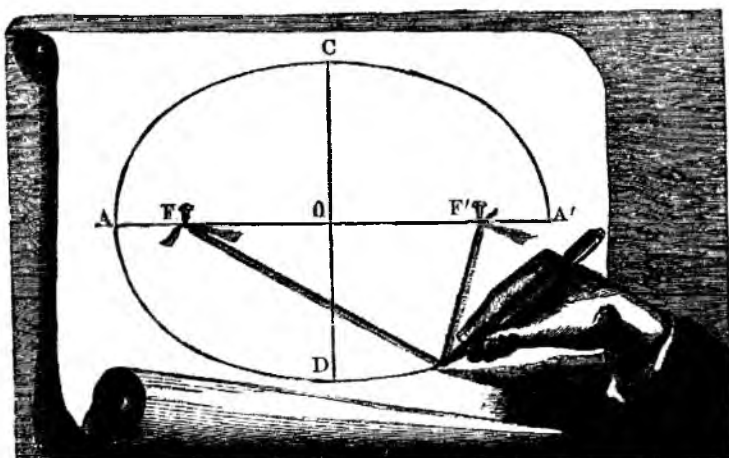
A Johannes Kepler se devem as leis do movimento dos planetas e o início da mecânica celeste. Ele é o personagem principal e crucial da revolução na astronomia ocorrida no começo do século XVII, quando o universo heliocêntrico proposto por Copérnico, meio século antes, foi confirmado pela retórica e pelas descobertas de Galileu. Apesar de muito religioso — um luterano que vivia em meio à Reforma e à Contra-Reforma — e desejoso de celebrar a glória de Deus na astronomia, sua ligação mística com harmonia era balanceada pelo compromisso da observação. Kepler possuía a habilidade de abandonar as hipóteses que eram falhas para abraçar com firmeza

as leis matemáticas. “Confirmei como verdade no âmago de minha alma” — escreveu sobre a maneira com que via o sistema solar — “e contemplo sua beleza com um prazer incrível e arrebatador.”

Johannes Kepler nasceu em Weil, uma cidade situada no antigo Estado alemão de Württemberg, em 27 de dezembro de 1571. Seu pai era soldado e uma pessoa excêntrica; o próprio Kepler era doentio quando criança e hipocondríaco quando adulto. Coursou a Universidade de Tübingen, sendo um dos discípulos de Michael Mästlin, um copernicano assumido. Inicialmente, Kepler pretendia tornar-se teólogo, mas, depois de se formar em 1591, aceitou uma posição como professor em Graz, uma cidade no Estado de Styria, no Império austríaco. Como professor de matemática e de moral, foi malsucedido, tendo poucos alunos; usava seu tempo livre para fazer horóscopos — acreditava em astrologia, porém com credibilidade decrescente — e para estudar astronomia.

Em 1597, Kepler publicou *Mysterium Cosmographicum*, em que concorda com o ponto de vista de Copérnico, de um cosmo heliocêntrico. Basicamente, Kepler usou as idéias de Pitágoras sobre a noção de um universo centrado no Sol, levando a sério o *status* ontológico especial que os antigos gregos davam à matemática. (“Tudo são números”, assim teria dito Pitágoras.) Kepler tentou mostrar que as órbitas dos seis planetas conhecidos eram mantidas separadas pelos cinco sólidos geométricos que os antigos gregos haviam descoberto. Dentro da esfera celestial de Saturno, por exemplo, estava um cubo; na de Mercúrio, um octaedro. Não surpreende que Galileu, para quem Kepler enviou um exemplar de seu livro, tenha respondido com uma carta amigável, mas essencialmente cautelosa.

Em 1600, para evitar uma possível perseguição por ser luterano, durante a Contra-Reforma, Kepler mudou-se para Praga, onde trabalhou como assistente do grande astrônomo TYCHO BRAHE [22]. Os dois tiveram um relacionamento difícil, pois Brahe esperava que as medidas celestiais que fizera durante toda uma vida de trabalho — e que guardava com muito ciúme — dariam o suporte para sua própria teoria sobre o universo. Entretanto, com a morte de Brahe no ano seguinte, Kepler herdou grande número de observações, incluindo dados extraordinários sobre Marte. Ao usar esses dados



A elipse é definida como uma curva fechada com dois focos, a partir dos quais a soma das distâncias para qualquer ponto na curva é igual. Elemento importante no mundo físico, seu significado para o sistema solar foi descoberto por Kepler.

e tendo o mesmo respeito que Brahe pela precisão, Kepler fez descobertas ultra-importantes nos oito anos seguintes.

O sinal do rompimento de Kepler com a astronomia tradicional aconteceu quando propôs o conceito de força e as leis que explicariam o movimento dos planetas. A astronomia até a era de Copérnico não possuía tal conceito, tendo feito apenas previsões das idas e vindas dos planetas. Kepler, reconhecendo que a órbita de Marte não se enquadrava nessas previsões, *nem* no sistema de Ptolomeu *nem* no de Copérnico, finalmente abandonou o que os dois sistemas mantinham em comum: a velha e filosófica certeza de órbitas perfeitamente circulares. Ao mesmo tempo, refutou a idéia de que os planetas se moviam em velocidades uniformes. Os dados lhe mostravam que todos os planetas movimentavam-se rapidamente quanto mais perto do Sol e, lentamente, quanto mais longe. Por tentativas, Kepler apresentou a lei que governa o movimento planetário. Uma linha imaginária, o vetor radial que vai do Sol a um planeta, cobre áreas iguais em tempos iguais. Isso se tornou conhecido como a Segunda Lei de Kepler.

Ao descobrir a segunda lei dentro do contexto copernicano,

faltava esclarecer a verdadeira forma das órbitas dos planetas. Depois de muito trabalho, Kepler percebeu a vantagem da elipse, uma forma conhecida dos antigos. Enquadrava-se na previsão de um arco com grande precisão e tornou-se a Primeira Lei de Kepler: as órbitas dos planetas são elípticas, com o Sol ocupando um dos focos.

Essas duas leis de Kepler foram explicadas pela primeira vez no livro *Astronomia Nova*, publicado em 1609. Como Galileo, apesar de não ter descoberto a lei geral da gravidade, havia chegado muito perto. Tinha a noção de uma força que agia entre os corpos planetários, proporcional à sua massa, mas sugeriu que seria magnética. O significado principal de *Astronomia Nova*, entretanto, é sua reordenação fundamental das metas e dos métodos em astronomia. A geometria celestial, subordinada à nova física celestial, operava com leis que podiam ser descobertas e entendidas.

Em 1619, Kepler publicou *Harmonice Mundi* (*Harmonia do Mundo*), que considerava sua obra-prima. Repleto de ilustrações e de exemplos musicais — a cada planeta foi designada sua própria gama de sons —, *Harmonice Mundi* é, por vezes, um trabalho delirante que exemplifica o ponto de vista de Kepler de que as noções de matemática contêm os meios para conhecer o universo e que essa visão do mundo é algo que a humanidade pode partilhar com Deus. Apesar de bastante místico, o livro contém a Terceira Lei de Kepler para o movimento dos planetas — o quadrado do tempo que leva qualquer planeta para dar uma volta em torno do Sol é equivalente à sua distância média ao cubo. Essa lei permite o cálculo das distâncias dos planetas em relação ao Sol enquanto em órbita.

Além de suas obras principais, Kepler foi autor de um tratado sobre ótica, e seu *Epitome Astronomiae* (*Epítome da Astronomia Copernicana*), publicado entre 1619 e 1621, entrou de imediato para a lista dos livros proibidos pela Igreja Católica. Em 1627, foi a vez das tabelas das estrelas conhecidas — as *Tabelas Rudolfinas* — baseadas no trabalho de Brahe, usadas por um século, após terem sido publicadas.

Em todos os aspectos, mesmo com a forma angariada de cientista, a parte final da vida de Kepler na Europa da Contra-Reforma foi difícil. Seus esforços para publicar os dados de Tycho causaram

problemas com a família do astrônomo; além disso, seu salário era sempre pago com impontualidade. Tanto sua mulher quanto seu filho faleceram em 1611, e, no ano seguinte, seu patrono, o imperador Rodolfo, abdicou após uma revolta, deixando seu astrônomo-chefe desempregado. Kepler logo se mudou para Linz, onde trabalhou como matemático; em torno de 1625, foi para Ulm, novamente para escapar à perseguição religiosa. Quando voltou para Praga em 1627, foi recebido com honras e empregado pelo ducado de Sagan como astrólogo. Nessa posição, entregou-se ao ceticismo e, por fim, saiu para procurar novo emprego. Morreu na Bavária em 15 de novembro de 1630.

Um comentário à parte se faz necessário: Johannes Kepler é o único em OS 100 MAIORES CIENTISTAS DA HISTÓRIA a mais tarde defender sua mãe de acusações de bruxaria. Apesar de os detalhes serem pouco evidentes, é certo que Katharina, a mãe de Kepler, foi publicamente acusada de bruxaria. Ela iniciou um processo por injúria, mas, durante e após a Reforma, havia grande número de bruxas e muita crença em seus poderes. Um caso muito bem engendrado contra ela: em 1617, Kepler escreveu petições por sua mãe requerendo para seu nome ser limpo, mas, em 1620, ela foi presa, com 74 anos, e carregada de casa numa caixa de linho durante a escuridão. Foi ameaçada de passar pela mesa de tortura antes de ser libertada; morreu em 1622.

Esse episódio e parte dos acontecimentos relativos a ele talvez tenham sido causados, estranhamente, pelo próprio Kepler, ao elaborar um manuscrito que circulou por volta de 1610, no qual descreve o contato de demônios vindos da Lua com sua mãe. O incidente parece ter sido a origem de seu livro póstumo *Somnium* (*Sonho*), uma brilhante alegoria, em parte disfarçada de autobiografia. Kepler imagina uma viagem à Lua, não como uma utopia, mas um mundo de pesadelos, muito quente em alguns lugares, congelada em outros e habitada por uma raça de criaturas com a forma de serpentes, algumas aladas e outras rastejantes.

Somnium é testemunho da fertilidade da imaginação científica de Kepler, bem como dos conflitos intelectuais que o afligiam. Kepler não é apenas um personagem central na história da ciência. É, sobretudo, contraditório. Devoto e desejoso de celebrar Deus na

astronomia, um luterano que viveu em meio à Reforma e à Contra-Reforma escreveu: “Levo a religião a sério e não brinco com ela.” Entretanto, o efeito de seus trabalhos foi ajudar a derrubar para sempre a autoridade secular da Igreja, seja ela católica ou protestante.

“Kepler foi um dos poucos simplesmente incapazes de fazer algo a não ser ficar abertamente a favor de suas crenças em todos os campos”, escreveu ALBERTEINSTEIN [2], que admirava o homem que se libertou da “tradição intelectual sob a qual havia nascido. Isso significava não meramente a tradição religiosa baseada na autoridade da Igreja, mas os conceitos gerais da Natureza e as limitações da ação dentro das esferas universal e humana, bem como as noções da importância relativa do pensamento e da experiência na ciência”.



Nicolau Copérnico & o Universo Heliocêntrico

(1473 – 1543)

A noção de uma terra estacionária no centro do universo era provada por um sistema matemático inventado pelo brilhante astrônomo grego Ptolomeu. A seu livro, conhecido na Idade Média como *Almagest*, e usado até hoje para descrever o céu noturno, devemos a descrição de várias constelações de estrelas, como as da Ursa Maior. O sistema ptolomaico foi poderoso e convincente por centenas de anos e, mais importante ainda, o eixo de toda uma maneira de olhar o mundo real.¹¹ Isso era fundamental para poder

¹¹ Ptolomeu foi brilhante, e sua grande influência não pode ser questionada. Somente a limitação do número de páginas impediu sua inclusão neste livro.

explicar a queda dos corpos e o movimento das estrelas e das nuvens, bem como para toda a interpretação teológica da posição dos seres humanos no universo.

Por volta do século XVI, entretanto, com as viagens de descobrimento trazendo provas de um mundo bem mais diversificado e com a autoridade da Igreja romana se enfraquecendo, o sistema de Ptolomeu começou a desmoronar. A publicação póstuma em 1543 do livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*O Giro das Esferas Celestes*) eventualmente causou seu descrédito. “A Terra”, escreveu Copérnico, “carregando com ela a órbita da Lua, passa numa grande órbita entre os outros planetas, num giro anual em torno do Sol.” Apesar de não ter sido um fato consumado por quase um século, a revolução copernicana havia começado.

Nicolau Copérnico nasceu em ambiente próspero em 19 de fevereiro de 1473, em Torun, no reino da Polônia. Seu pai, Niklas Koppernigk, era um mercador, e sua mãe, Barbara Watzenrode, vinha de uma família bem estabelecida e opulenta. Depois da morte do pai, quando tinha 10 anos de idade, Nicolau foi criado por um tio materno, um acadêmico e religioso que em 1479 fora nomeado bispo de Ermland. Nicolau recebeu uma educação exemplar. Em 1491, começou a freqüentar a respeitada Universidade de Cracóvia, então um centro de filosofia natural.

Em 1496, foi para a Universidade de Bolonha, continuando os estudos de grego, matemática, filosofia e astronomia. Por essa época, ficou sob a influência de Domenico Maria da Novara, um professor de astronomia que foi um dos primeiros críticos do sistema ptolomaico; em 9 de março de 1497, os dois assistiram juntos a um eclipse da Lua. Em 1501, Copérnico estudou na Universidade de Pádua e conseguiu um diploma de advogado, em 1503, da Universidade de Ferrara, antes de voltar a Pádua para fazer o curso de medicina.

Por volta de 1506, Copérnico havia completado sua educação — lingüista, matemático e médico — e retornou para a Polônia, onde ficaria até sua morte. Fora eleito cônego em 1497 enquanto estudava no exterior e, depois de servir vários anos como assessor médico de seu tio, quando este morreu, iniciou seus trabalhos como cônego da Catedral de Frauenburg, na recém-estabelecida Prússia Oriental. Essa era uma posição da Igreja sem deveres religiosos, e

Copérnico não parece ter tido nenhuma motivação religiosa em sua vida. Trabalhou como administrador geral, juiz, coletor de impostos e médico. Em seu tempo livre era astrônomo e em 1513 construiu uma torre para poder observar as estrelas.

Pouco se sabe sobre a gênese e o desenvolvimento do pensamento de Copérnico; porém, ele fez circular, já em 1514 (ficou inédito até o século XIX), um manuscrito sumário de seus pontos de vista sobre o cosmo, vindo a completar seu trabalho principal em 1530. Ele sempre relutava em editar seus trabalhos, porém uma década depois, quando um admirador, George Joachim Rheticus, escreveu um volume sumário intitulado *Narratio Prima*, que não gerou a animosidade da Igreja — as implicações não eram muito claras —, as objeções de Copérnico podem ter perdido o sentido. *De revolutionibus Orbium Coelestium* foi publicado em Nuremberg em 1543, justo na época de sua morte.

Em *De revolutionibus*, Copérnico questionou, com firmeza e persistência, os argumentos de Ptolomeu sobre uma Terra imóvel. Raciocinando em base física e não se importando com a harmonia, Copérnico derruba a idéia de que a Terra deva estar no centro do Universo. Indica, por exemplo, que as estrelas nem sempre parecem estar à mesma distância da Terra e que os esforços para explicar tais efeitos usando epiciclos — pequenas órbitas circulares — não são satisfatórios, introduzindo complicações estranhas. Sem uma consistente teoria física, Copérnico acabou desenvolvendo uma visão sobre o sistema solar, que é uma mistura de conceitos antigos e modernos. Por desconhecer o moderno conceito da força, por exemplo, ele baseava-se nas esferas celestes e não na noção dos planetas se deslocando em grande velocidade através do espaço.

Eventualmente *De Revolutionibus* chegou às mãos dos sábios de toda a Europa. Os primeiros a lerem o livro ficaram, no mínimo, fascinados pelo tratamento matemático, marcando o crescente desencanto com limitações da astronomia de Ptolomeu. A religião não tinha objeções ao livro, pois, durante o período da Reforma protestante, a Igreja Católica tinha “peixes maiores para fritar” — porquanto a Inquisição começara em 1541. Somente em 1616, devido ao sucesso de Galileu, o livro de Copérnico foi proibido pela Igreja.

A “Revolução de Copérnico” é um termo extremamente válido,

apesar de o seu conteúdo real ter sido muito discutido e disputado por dois séculos, desde que foi empregado pela primeira vez por Immanuel Kant. O termo deve ser entendido como se referindo ao abandono, por Copérnico, da astronomia ptolomaica e sua prioridade em desenvolver um modelo heliocêntrico. Mas não fez isso sozinho. Já é consenso há muito tempo, como J. L. E. Dreyer escreveu, que “Copérnico não produziu o que atualmente se indica como o sistema copernicano”. E o historiador científico I. Bernard Cohen conclui: “Se houve uma revolução na astronomia, esta foi kepleriana e newtoniana e de modo algum copernicana.” Tudo isso não tem a intenção de diminuir a influência de Copérnico, mas somente colocar uma perspectiva correta sobre sua efetiva realização. “Pode-se facilmente argumentar que Copérnico não era igual a Ptolomeu ou a Kepler em matemática, apesar de naquela época estar bem acima de seus contemporâneos”, declara Owen Gingerich e continua: “Ainda assim, como visionário sensível que precipitou uma revolução científica, Copérnico permanece como o gênio cosmológico, com poucos podendo se igualar a ele.”

Sobre ele propriamente pouco se sabe. Deixou somente algumas cartas, e sua biografia, que dizem ter sido feita por seu amigo Rheticus, extraviou-se. De acordo com a lenda, Copérnico recebeu a cópia de seu livro no leito de morte. Sofrera um derrame e não podia fazer nenhuma emenda, mas teve a oportunidade de manusear o livro antes de sua morte, ocorrida no dia 24 de maio de 1543. Ainda resta a famosa imagem — um homem honesto e devoto, com as maçãs do rosto salientes e um olhar penetrante — que chegou até nossa época num punhado de retratos pintados. Ele traduziu do grego para o latim cerca de 85 poemas breves do poeta bizantino Theophylactus Simocatta. Algumas dessas *Epistles* são morais, outras pastorais e algumas outras obscenas. Fred Hoyle, o cosmologista do século XX, é grato por estas últimas, pois sem elas — como ele escreveu — “não poderia ouvir Copérnico rir”.



Michael Faraday & a Teoria Clássica do Campo Eletromagnético

(1791 – 1867)

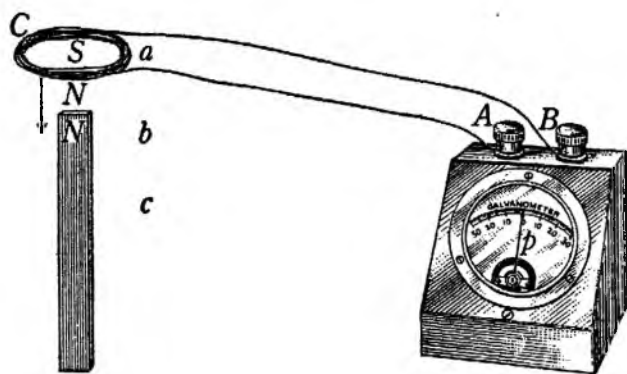
Michael Faraday situa-se na fronteira da grande transformação da física no século XIX, que acabou por provocar teorias novas e fundamentais sobre a eletricidade, o magnetismo e a luz.

Experimentador consumado, com uma percepção visionária sobre a unidade da Natureza, Faraday foi o primeiro a conceituar o campo eletromagnético, que mais tarde JAMES CLERK MAXWELL [12] quantificaria; o grande número de suas conclusões e realizações lhe garante um lugar proeminente na história da física e da química. Na verdade, lembra até Moisés, o personagem bíblico que levou seu

povo para a terra prometida, mas que nela não conseguiu entrar; porque, sendo ignorante em matemática, Faraday não podia nem pensar em desenvolver uma teoria quantitativa sofisticada.

A história do início da vida de Michael Faraday tem todos os elementos de um conto de fadas situado na revolução industrial. Nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butts, Surrey, que hoje se chama Elephant and Castle, em Londres. Seu pai, James Faraday, um ferreiro doente, quase que não conseguia sustentar a mulher e os quatro filhos. A família era unida e carinhosa, e a educação de Faraday, embora amorosa, era severa. Sua mãe, Margaret Hastwell, foi a figura familiar mais forte e, após a morte do marido, em 1809, a única. Em 1804, com 13 anos de idade e um mínimo de educação, Michael tornou-se garoto de entrega de jornais, trabalhando para um imigrante francês, do qual, mais tarde, foi aprendiz de encadernação de livros. Nos sete anos seguintes, desenvolveu a destreza que fez dele um grande experimentador; durante esse tempo, os livros que encadernava incitaram a curiosidade de seu intelecto. Foi particularmente influenciado pela *Enciclopédia Britânica* e por um texto de auto-ajuda intitulado *The Improvement of the Mind* (A Melhoria da Mente). Em 1810, começou a assistir às conferências locais da City Philosophical Society e, dois anos mais tarde, as da Real Institution, que tinham muito mais prestígio.

Em 1813, Faraday tornou-se assistente de sir Humphry Davy, a quem ele se havia apresentado na Royal Institution, e começou um incomum aprendizado de alta produtividade. Sir Davy, também oriundo de um ambiente pobre, era um dos primeiros cientistas de destaque, também lembrado pela descoberta de como se pode — como o poeta Robert Southey dizia — “ficar alto” com o óxido nítrico. Faraday acompanhou Davy numa viagem para a Europa em 1813, onde conheceu vários cientistas importantes, entre eles, Alessandro Volta, André Ampère e o químico Joseph Gay-Lussac. Logo depois, começou a participar ativamente na pesquisa de Davy, ajudando a desenvolver a lâmpada de segurança para os mineiros e envolvendo-se numa física primitiva sobre baixas temperaturas. Na verdade, apesar de sir Davy ter recebido o crédito em 1823, Faraday conseguiu liquefazer alguns dos gases mais importantes, incluindo



Indução elétrica usando uma barra de magneto.

o dióxido de carbono e o cloro. Um grande passo, pois não era, até então, muito evidente que o gás pudesse ser mais do que um estado físico único. Dois anos mais tarde, Faraday isolou o benzeno do óleo de baleia, que, 40 anos mais tarde, seria a chave para o desenvolvimento da química orgânica. Trabalhou nas tentativas de melhoramento do vidro usado para fazer lentes, descobrindo o que veio a ser chamado de Efeito Faraday — a rotação do raio de luz quando passa por um campo magnético. Em resumo, as descobertas de Faraday durante a década de 1820 foram realizações extraordinárias e de importância central, e não é de surpreender que tivesse sido eleito membro da Real Sociedade em 1824.

Apesar de os fenômenos elétricos terem interessado os primeiros cientistas do século XVIII e a invenção da bateria simples por Alessandro Volta em 1799 ter sido decisiva, a grande experiência foi a demonstração de Hans Christian Oersted, em 1819, da relação entre eletricidade e magnetismo. Esse fato criou uma onda de atividade durante a década seguinte. Faraday mostrou, em 1821, que um ímã em forma de barra podia ser girado em torno de um fio que conduzisse uma carga elétrica e que, da mesma maneira, um fio suspenso, conduzindo eletricidade, giraria em volta de um ímã fixo. Nove anos mais tarde, em 1830, ao ocupar a cadeira de química que era de Davy, Faraday mudou o foco de seu interesse para a eletricidade e para o magnetismo, fazendo então suas maiores descobertas.

As demonstrações de Faraday, no outono de 1831, sobre a indução eletromagnética “alteraram a história do mundo”, como sugere um artigo recente, tipicamente conservador, “mudando o destino da humanidade”. Tinham a ver com muitas experiências, duas das quais podem ser classificadas como decisivas. Na primeira, em agosto de 1831, Faraday enrolou dois pedaços diferentes de fio em volta de um núcleo de ferro; um dos fios foi passado perto de uma bússola magnética e, quando ligou o outro a uma bateria, a variação resultante da agulha da bússola, como ele escreveu, “continuou por somente um instante”. Mas Faraday havia descoberto o princípio do transformador, e sua estátua na Royal Institution o mostra segurando a bobina de indução com a mão.

Para que uma corrente elétrica de forma continuada pudesse existir — sua segunda experiência —, Faraday reconheceu a necessidade do movimento num campo elétrico, constituído de “tubos de força”, como ele descreveu, conseguindo logo depois desenvolver um gerador de disco. Para tanto, ligou um fio fixo no centro de um disco de cobre e outro, deslizando ao longo da beirada. Ligando os fios a uma pilha e colocando o disco entre as pernas de um ímã do tipo ferradura, conseguiu gerar uma corrente constante. Da forma como, em 1821, mostrou como era possível transformar energia elétrica em energia mecânica, demonstrou então, em 1831, o inverso. Foi a primeira demonstração de um dínamo, ou gerador, que cerca de meio século depois seria o principal meio de fornecer corrente elétrica ao mundo moderno. Faraday continuou e construiu dínamos primitivos e motores para suas experiências. Conta-se que, quando o primeiro-ministro visitou seu laboratório e perguntou qual seria o propósito de um de seus geradores, Faraday respondeu: “Não sei, mas aposto que algum dia seu governo vai colocar um imposto sobre ele.”

A descoberta da indução eletromagnética levou Faraday a fazer uma vasta quantidade de experiências, preparando as bases que serviriam para muitas formas de investigação no magnetismo e na eletricidade. Em 1832, Faraday efetivamente fundou a eletroquímica, um processo em que a corrente elétrica é usada para quebrar os compostos químicos. Desenvolveu então as leis que governam a eletrólise, que têm seu nome, mostrando a ligação fundamental

entre a eletricidade e a composição dos elementos. Faraday também desenvolveu, junto com William Whewell, a linguagem básica da eletricidade: *eletrólito*, *elétrodo*, *ânodo*, *catodo*, *íon* e muitos outros termos derivados de suas pesquisas. O trabalho de Faraday, intitulado *Pesquisas Experimentais em Eletricidade*, 1839-1855, foi editado em três volumes e acrescido pelo *Pesquisas Experimentais em Química e Física*, publicado em 1859.

Tão significativas quanto as demonstrações experimentais de Faraday sobre a indução elétrica e as leis da eletrólise são suas contribuições teóricas. Primeiro ele mostrou que os vários tipos de eletricidade, descobertos pela geração anterior — a termoquímica, a eletricidade estática, a eletricidade magnética, a volta-eletricidade —, eram iguais. A partir desse enfoque, percebeu a capacidade de o fenômeno elétrico possibilitar a emergência de um entendimento da unidade fundamental de toda a Natureza. Virtualmente convencido disso, escreveu “que os vários aspectos sob os quais as formas da matéria se manifestam têm uma origem comum: em outras palavras, são tão diretamente relacionadas e naturalmente dependentes, que são conversíveis como tais entre si, possuindo uma equivalência de potência em suas ações”. Sua obra *Pensamentos sobre as Vibrações dos Raios*, datada de 1846, tornou-se a pedra de toque para James Clerk Maxwell desenvolver posteriormente as leis fundamentais do eletromagnetismo.

Em 1839, Faraday contraiu uma doença séria — talvez causada por fadiga, apesar de existir uma enorme quantidade de diagnósticos para ela — da qual nunca conseguiu se recuperar inteiramente. Sofria dores de cabeça e, ao envelhecer, passou a apresentar falta de memória. Apesar disso, em seus momentos derradeiros, coberto de honras, tornou-se um consultor muito competente do governo britânico sobre vários assuntos relacionados às ciências e recebeu da rainha Vitória, cujos filhos costumavam assistir às suas conferências anuais de Natal, o direito ao uso gratuito de uma casa (“Grace and Favor Residence”). Tal era seu renome que Lady Lovelace, filha do Lorde Byron, uma vez se ofereceu para copiar suas experiências.

Faraday se casou com Sarah Barnard em 1821. Dizem que ela era agradável, alegre e que gastava seus instintos maternos com suas sobrinhas e com seu marido, pois não teve filhos. Do ponto de vista

religioso, Faraday era devoto, pertencendo à seita religiosa dos sandemanianos.

Seu gosto pela simplicidade impossibilitou que fosse enterrado na Abadia de Westminster, perto de Newton e de outros grandes cientistas. Morreu a 25 de agosto de 1867, em Hampton Court, no Middlesex, e foi enterrado no cemitério de Highgate.



James Clerk Maxwell & o Campo Eletromagnético

(1831 – 1879)

“O acontecimento mais significativo do século XIX”, escreve RICHARD FEYNMAN [52], “será julgado como sendo a descoberta por Maxwell das leis da eletrodinâmica”. De conteúdo matemático, essas leis têm a ver com equações diferenciais complexas, mas sua importância é fácil de perceber: unificam o magnetismo e a eletricidade como uma força única e mensurável. Além disso, sugerem — e isso é altamente relevante — que a luz é assunto desse campo eletromagnético, sendo a parte visível de um espectro muito mais amplo. Por tudo isso, bem como por seu trabalho na dinâmica dos gases, James Clerk Maxwell claramente anteviu, com clareza, a física

do século XX. Sua pesquisa levou diretamente a tecnologias associadas com o rádio e a televisão. Foi ele um dos precursores da cibernética. Maxwell é frequentemente colocado lado a lado a Isaac Newton e Albert Einstein, sendo difícil avaliar sua influência.

James Maxwell nasceu em Edimburgo, na Escócia, a 13 de junho de 1831, filho único de John Clerk Maxwell e de Frances Kay. Quando sua mãe morreu de câncer em 1839, James, então com oito anos, exclamou: “Estou tão contente! Agora ela não sentirá mais nenhuma dor.” Seu pai era *laird* (dono de terras), possuindo uma propriedade em Glenlair, Kircudbright; era também advogado e inventor nas horas vagas.

A infância de Maxwell poderia servir de modelo para qualquer futuro cientista. Tinha boas ligações com o pai, memória excepcional e fascinação — que persistiu em toda sua vida — pelos brinquedos mecânicos. Ganhou a medalha de matemática na Academia de Edimburgo em 1841 e logo depois começou a acompanhar o pai nas reuniões da Real Sociedade de Edimburgo. Sua precocidade era tal, que, quando tinha 14 anos de idade, a Sociedade publicou um artigo seu sobre como desenhar elipses usando alfinetes e linha. Depois de frequentar a Universidade de Edimburgo, de 1847 a 1850, Maxwell ingressou, em seguida, no Trinity College e, após se formar em 1854, voltou para ensinar no Marischal College em Aberdeen, na Escócia. Em 1857 estudou os anéis de Saturno, expondo-os tão bem que sua descrição foi corroborada, mais de um século depois, pela sonda espacial *Voyager*.

Em 1860, Maxwell foi para o King's College em Londres, onde viveu a década mais produtiva de sua vida. Formulou, em 1855, a teoria da cor e criou, em 1861, a primeira fotografia colorida — de uma faixa de lã com padrão escocês. Naquele ano, foi eleito para a Real Sociedade e, 10 anos mais tarde, organizou o Laboratório Cavendish, do qual foi seu primeiro diretor.

O trabalho de Maxwell sobre eletromagnetismo é derivado de seu antecessor MICHAEL FARADAY [11] e representa sua quantificação. Nem Faraday nem Lorde Kelvin, contemporâneos de Maxwell, podiam visualizar com clareza como funciona a eletricidade, a menos que trabalhassem com um modelo mecânico qualquer. Nos termos do próprio Faraday, por exemplo, “linhas de força”, seme-

lhantes a tubos, explicam a aparente “ação a distância” dos fenômenos magnéticos. Entretanto, assim como Isaac Newton forneceu equações para explicar a mecânica dos corpos em movimento, Maxwell substituiu o modelo tipo máquina por outro que calculava e predizia os fenômenos elétricos. A eletricidade passou a ser vista não mais como pequenos aparelhos que podiam ser visualizados pela mente.

Já em 1855, Maxwell havia tentado compreender como as idéias de Faraday poderiam tomar forma matemática. Seu famoso artigo *Uma Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético* foi lido, em 1864, para uma platéia da Real Sociedade, em sua maioria perplexa, e trouxe pela primeira vez à luz as equações que embasam as leis fundamentais do eletromagnetismo. Essas leis mostram como uma carga elétrica irradia ondas através do espaço em várias frequências definidas que determinam a posição da carga no espectro eletromagnético — agora entendido como incluindo as ondas de rádio, microondas, ondas infravermelhas, ondas ultravioleta, raios X e raios gama.

Mas, acrescente-se, uma das mais profundas conseqüências que as equações de Maxwell provocaram foi a de estabelecer a velocidade da eletricidade em torno de 300.000km por segundo — bem perto da velocidade da luz, já detectada por outras experiências.¹² “É tão perto daquela da luz”, escreveu Maxwell, “que parece que temos razões bastante fortes para concluir que a própria luz (...) é um distúrbio eletromagnético sob a forma de ondas que se propagam, através do campo eletromagnético, seguindo as leis eletromagnéticas.” O significado completo do trabalho de Maxwell, expandido no *Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo*, em 1873, passou quase despercebido, o que aconteceu em grande parte porque ainda não existia o entendimento sobre a natureza atômica do eletromagnetismo.

Durante a década de 1860, Maxwell também estudou o problema de quantificar a composição dos gases e a propriedade física das

12. A velocidade da luz havia sido medida pela primeira vez, por volta de 1676, por Olaus Roemer, por meio de extraordinária estimativa, usando os eclipses das luas de Júpiter. Em 1862, Jean Foucault fez uma mensuração mais precisa e mostrou que a velocidade da luz diminuía quando se movia através da água.

moléculas. De modo geral, ele descreve matematicamente o movimento das moléculas de um gás a uma certa temperatura. Maxwell considerou esse problema pela primeira vez na década de 1850, enquanto estudava os anéis de Saturno, e logo outros físicos desenvolveram a doutrina da conservação da energia e da entropia — as leis da termodinâmica. Além disso, uma grande quantidade de material experimental sobre o comportamento dos gases tornou possíveis outros avanços teóricos adicionais. Em 1860, Maxwell teve a idéia de usar a estatística para descrever o comportamento das moléculas dos gases. E em seu artigo de 1867, *Sobre a Teoria Dinâmica dos Gases*, demonstrou que as propriedades dos gases conhecidos correspondiam às previstas pela teoria. Em 1870, Maxwell publicou o livro didático *Teoria do Calor*, teoria que se tornou “a pedra fundamental da visão sobre a matéria no século XIX”, conforme escreveu Ivan Tolstoy, concluindo: “Pode ser dito que, se a teoria de Maxwell sobre o eletromagnetismo dá a verdadeira dimensão de seu gênio, então seu trabalho sobre a teoria molecular é um monumento ao seu profundo entendimento da física.”

Uma contribuição final de Maxwell precisa ser lembrada devido a seu interesse atual. Trata-se do artigo *Sobre os Controladores*, um dos fundamentos da teoria do *feedback*, estabelecido na metade do século XX e muito ligado a Norbert Wiener. Na verdade, a *cibernética* de Wiener — derivada da palavra grega designando piloto — é uma alusão ao termo usado por Maxwell.

James Clerk Maxwell casou-se com Katherine Mary Dewar em 1858. O casal não teve filhos e, apesar de alguns biógrafos declararem que foi uma união exemplar, os colegas de Maxwell não gostavam muito da mulher dele. Dizia-se que não era tão bem-humorada quanto ele e que, nas festas, sempre lhe dizia: “James, você está começando a se divertir; está na hora de irmos embora.” Maxwell não teve a sorte de uma vida muito longa. Morreu da mesma doença de sua mãe, câncer abdominal, em 5 de novembro de 1879, com a idade de 48 anos.

Na época de sua morte, a fama de Maxwell pouco se difundira. Reconhecido como um cientista excepcional, sua teoria sobre o eletromagnetismo ainda não fora definitivamente demonstrada. Por volta de 1880, HERMANN VON HELMHOLTZ [63], um admirador

de Maxwell, discutiu a possibilidade de confirmar as equações dele com um estudante, Heinrich Hertz. Em 1888, Hertz realizou uma série de experiências que produziram e mediram as ondas eletromagnéticas e mostraram que se comportavam como a luz. Daí em diante, a fama de Maxwell se espalhou, e, juntamente com o vienense LUDWIG BOLTZMANN [24], pode-se dizer que preparou o caminho para a física do século XX.



Claude Bernard

& a Criação da Fisiologia Moderna

(1813 – 1878)

Claude Bernard, o fundador da medicina experimental e personagem-chave na história da fisiologia, descobriu, como escreveu um de seus alunos, “como é a respiração”. A importância vital do pâncreas para a digestão, como o fígado regula o açúcar no sangue, como se contrai o sistema nervoso vasomotor e expande os vasos sangüíneos — todas essas descobertas, que constituem fundamentos da medicina moderna, são devidas, antes de tudo, a Bernard. Mas, além disso, sua maior realização, aparentemente, foram as regras básicas da fisiologia que ele conseguiu extrair de dados experimentais. Bernard percebeu que a natureza do organismo é um sistema

que se auto-regula; com isso, criou uma estrutura rica para a pesquisa médica. Os conceitos atuais de homeostase, tensão e *feedback* fisiológico envolvem idéias primeiramente enunciadas por Bernard e ainda se mantêm como referência constante. “Sua filosofia”, escreve Rosalyn S. Yalow, laureada com o Prêmio Nobel, “fornece a base para a pesquisa interdisciplinar que se tornou cada vez mais importante na ciência moderna, na medida em que os limites entre as várias disciplinas parecem se unir.”

Claude Bernard nasceu em 12 de julho de 1813, perto de Saint-Julien, na província do Rhône, região conhecida por seu vinho Beaujolais. Seu pai, Pierre François Bernard, produzia vinho e havia sido diretor de escola; sua mãe, a quem ele adorava, chamava-se Jeanne Saulnier. Claude Bernard cursou uma escola dirigida por jesuítas em Villefranche, perto de sua casa, e por um tempo estudou no Collège de Thoissey, onde não aprendeu ciências e tampouco se distinguiu como aluno. Com a idade de 18 anos, Bernard foi obrigado a sair da escola para ajudar o pai, que se encontrava em dificuldades financeiras, empregando-se como aprendiz de farmácia. Começou logo a querer saber se alguns dos remédios cujos ingredientes ele misturava serviam mesmo para alguma coisa; era um primeiro sinal do ceticismo que ele manteria por toda a vida sobre assuntos ligados ao corpo humano.

Ao seguir um caminho fora do normal para uma carreira científica, Bernard envolveu-se primeiramente com o teatro e, antes de completar 20 anos, já havia escrito uma peça, *A Rosa do Rhône*, encenada em Lyon. Encorajado, migrou para Paris, lá chegando em 1834. Mostrou seus trabalhos a Saint Marc Girardin, um crítico conhecido, que o aconselhou a procurar um outro tipo de interesse. Bernard logo passou pelo exame de admissão e matriculou-se na Escola de Medicina da Universidade de Paris.

Bernard não foi brilhante no estudo da medicina, formando-se num dos últimos lugares da classe, em 26^o ou 29^o. Entretanto, essenciais para seu futuro foram as conferências a que assistiu, ministradas por François Magendie, um fisiologista e neurologista de renome e também um ativo investigador altamente cético. Bernard logo se identificou com a desconfiança de Magendie com relação à teoria médica existente e se ofereceu como ajudante de

laboratório, sem remuneração. Desta época em diante, os livros de notas de Bernard indicam a extensão de seu questionamento quanto ao conhecimento médico contemporâneo.

Bernard recebeu o diploma de graduação em medicina em 1843, mas nunca exerceu a profissão. Conforme muitos pesquisadores modernos, ele não tinha interesse em curar as doenças das pessoas, o que passou a ser mais uma complicação porque, nessa fase de sua carreira, também não estava apto a se tornar um acadêmico. Conseqüentemente, continuou como assistente de Magendie — excepcional na tarefa de dissecar — enquanto fazia pesquisas sobre o processo da digestão e sobre o funcionamento do sistema nervoso.

Um de seus primeiros pontos de interesse foi o processo digestivo. Em 1848, mostrou que o pâncreas digeriria as gorduras e demonstrou que sua ausência causava a morte. Bernard aproveitou muito bem, e de maneira prática, a famosa experiência de William Beaumont feita em Alexis St. Martin, cuja digestão podia ser observada, depois que uma ferida provocada por um tiro deixou-lhe uma abertura lateral no estômago. Ao usar animais como cobaias, Bernard criou fístulas, ou passagens artificiais, para seus propósitos de observação — método de muito sucesso, mas que irritou os antivivisseccionistas do século XIX —, descobrindo, assim, que não só o pâncreas, mas também o intestino delgado faziam parte do processo digestivo. De modo geral, Bernard expandiu o trabalho de LAVOISIER [8] sobre a combustão no processo da respiração, sendo o primeiro a considerar a digestão no contexto maior da assimilação de nutrientes através do metabolismo, com a combustão ocorrendo por todo corpo e tecidos.

Ainda em 1848, Bernard percebeu que o fígado normalmente injeta no sangue a glicose, uma espécie de açúcar, e, na década seguinte, isolou o glicogênio, a forma sob a qual a glicose é armazenada. Essas descobertas são consideradas como suas grandes realizações. “Elas tiveram um grande impacto sobre seus contemporâneos”, observa Joseph Fruton, “e sobre os estudos posteriores da fisiologia e da bioquímica.” Em 1855-56, publicou a primeira edição do livro, em dois volumes, *Leçons de Physiologie Expérimentale Appliquée à la Medicine*.

Bernard também fez grandes descobertas sobre o sistema nervoso. Sua descrição do ouvido incluía uma explicação do nervo

craniano; também delineou a ação do sistema nervoso vasomotor que controla a expansão e a contração dos vasos sanguíneos. Outra pesquisa sobre o sistema nervoso levou-o a experiências com substâncias tóxicas, mostrando como o monóxido de carbono e a estricnina causam a morte. Desse trabalho surgiu algum entendimento do mecanismo do curare, um veneno que se tornou importante na anestesia. Por isso, Bernard é também conhecido como o fundador da farmacologia experimental.

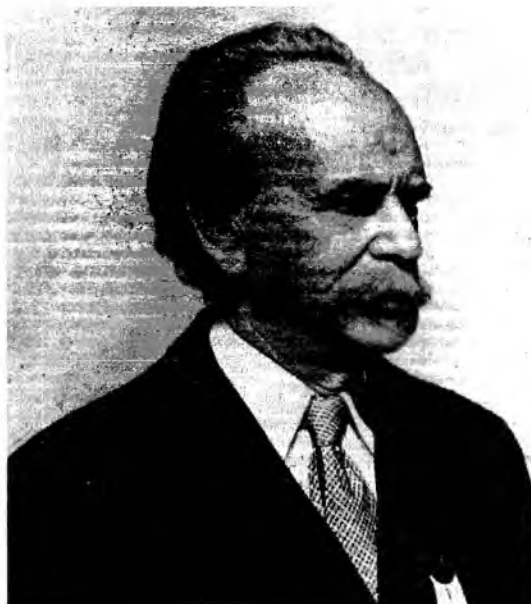
Por volta de 1857, começou uma fase nova e mais madura de sua carreira, em que desenvolveu os princípios gerais da fisiologia, dando suporte a suas descobertas. *Introdução ao Estudo da Medicina Experimental* foi publicado em 1865, e, dois anos mais tarde, um trabalho apresentando uma teoria unificada da fisiologia, baseada na idéia do *milieu intérieur* (ambiente interno). Neste, Bernard fez a grande generalização de que o corpo, como organismo vivo, protege-se do mundo exterior pela criação de um ambiente interno estável, regulado pelo sistema nervoso. Apesar de não ter idéia dos neurotransmissores químicos e tampouco saber sobre o sistema endócrino, seu *milieu intérieur* antecede à homeostase, da mesma forma como foi desenvolvida por Walter Cannon no século XX. HANS SELYE [86], que desenvolveu o conceito de tensão, sentia-se em dívida para com Bernard e escreveu que, sem dúvida, foi Bernard “quem mostrou que o ambiente interno... de um organismo vivo deve se manter razoavelmente constante, apesar das mudanças do ambiente externo”.

Enfim, todas as honras lhe foram concedidas. Foi nomeado para a Legião de Honra em 1867 e eleito membro da Académie Française em 1869, mesmo ano em que se tornou senador, servindo como testa-de-ferro de Napoleão III para aprovar planos de ações governamentais. E quando da guerra franco-prussiana, em 1870, viu-se forçado a fugir de Paris.

A vida pessoal de Claude Bernard foi bem desastrosa. Para poder prosseguir em suas pesquisas, fez em 1845 um casamento de conveniência com uma próspera mulher, Marie Françoise Martin. Seus dois filhos morreram ainda crianças, e suas duas filhas romperam com ele, assim como a mãe delas, em parte devido ao desgosto que sentiam por suas experiências com animais. No final da vida teve

um relacionamento platônico com Marie Raffalovich, mulher de um banqueiro parisiense, que lhe deu conforto e companhia em seus últimos anos.

Agnóstico, recebeu a extrema-união, contrariando seus desejos, e morreu em 10 de fevereiro de 1878, sendo o primeiro cientista francês a ter um funeral com honras de Chefe de Estado.



Franz Boas & a Antropologia Moderna

(1858 – 1942)

O fundador da antropologia moderna — e seu personagem mais destacado na primeira metade do século XX — é Franz Boas. Extremamente prolífico, durante uma carreira estendida por seis décadas, Boas encerrou a chamada antropologia de catálogo de viagens, desenvolvendo seu trabalho como uma tarefa científica a operar com dados cuidadosamente coletados e com objetivos essencialmente humanistas. Como consumado relativista e antiautoritário, sua pesquisa aponta os fundamentos básicos da ciência na questão das raças. Além disso, o reconhecimento de Boas da importância da linguagem para a cultura confere-lhe relevância nos dias de hoje

com relação às ciências cognitivas em desenvolvimento. Boas “era um desses titãs do século XIX”, escreve CLAUDE LÉVI-STRAUSS [79], “cuja produção demandava respeito não só pela quantidade, mas pela diversidade: antropologia física, lingüística, etnografia, arqueologia, mitologia, folclore, nada lhe era estranho. Seu trabalho cobre todo o domínio da antropologia, e toda a antropologia americana emana dele”.

Franz Boas nasceu em 9 de julho de 1858, em Minden, na Westfália, à época uma província da Prússia, hoje parte da Alemanha. Era o único homem entre seis irmãos, três dos quais sobreviveram até a idade adulta; seu pai, Meier Boas, era um próspero comerciante, e sua mãe, Sophie Meyer, uma mulher socialmente ativa que havia fundado, ao estilo Froebel, o jardim de infância local. Criado em lar judaico, liberal e de livre pensamento, Franz era uma criança frágil e doentia. Em 1877, começou a freqüentar as universidades de Heidelberg, Bonn e Kiel, onde se formou em 1881 com diploma de graduação em física. Sua monografia, na área da “psicofísica”, versou sobre um problema de percepção das cores.

Enquanto estudante, Boas descobriu seu desejo de viajar e explorar, não muito diferente do de Alexander von Humboldt, seu compatriota, no começo do século XIX. Em 1883, depois de prestar o serviço militar, Boas realizou uma expedição entre os esquimós da ilha de Baffin, no Ártico canadense. Seu propósito original era o de aperfeiçoar os mapas da região, mas, ao retornar, o foco de seu interesse havia se expandido para a cultura como um todo. Atraído anteriormente para o estudo da percepção, em suas palavras “o entendimento inteligente de um fenômeno complexo”, agora estava interessado no comportamento das pessoas. “Quando minha atenção foi redirigida da geografia para a etnologia, o mesmo interesse prevaleceu.” Alguns anos após, em 1888, publicou *Os Esquimós Centrais*.

Um período em Nova York, depois de sua viagem ao Ártico, deixou uma impressão favorável em Boas; achou a liberdade da vida intelectual estimulante, em contraste com a academia alemã, e não tão limitada por considerações anti-semíticas. Como consequência, em 1887, depois de um período ensinando na Alemanha, naturalizou-se norte-americano e aceitou trabalhar para a revista *Science*,

tendo sido um jornalista prolífico. Durante vários anos, Boas combinou o escrever sobre ciência popular com a pesquisa profissional.

Durante a década de 1890, Boas começou a formular os objetivos gerais de sua carreira, circulando no meio acadêmico e estabelecendo a antropologia como disciplina isolada. Durante quatro anos, de 1888 a 1892, foi professor da Clark University; em 1894, foi nomeado curador do Field Museum em Chicago. Em 1896, tornou-se curador-assistente do American Museum of Natural History, de onde, passando a curador em 1901, dirigiu a ambiciosa expedição Jessup ao Pacífico Norte, que tinha como meta geral um melhor entendimento das relações entre linguagem, cultura, costumes e raça.

Em 1899, Boas foi nomeado professor de antropologia na Universidade de Colúmbia, onde permaneceria pelos 38 anos seguintes. Com essa posição, pôde exercer considerável influência no desenvolvimento do *status* científico da antropologia. Boas tinha a preocupação de excluir os pretensos amadores e também, dentro da própria matéria, opunha-se tanto à antropologia do cientismo quanto à “evolucionária” que acreditava serem os povos europeus o ponto final, bem como o ponto mais alto da civilização. E quando se exigiam dados quantificáveis reconhecia que a antropologia nunca teria o tipo significativo de precisão que se encontra nas ciências físicas.

Em 1888, Boas começou o que viria a ser toda uma vida de trabalho de campo com os índios kwakiutl na costa do Pacífico Norte — fazendo, em consequência, 13 viagens à Colúmbia Britânica para estudá-los. Apesar de nunca ter produzido um trabalho definitivo sobre a etnografia dos kwakiutl, escreveu extensamente sobre eles, desenvolvendo um modelo que se tornou importante para a pesquisa antropológica. De acordo com Boas, as tribos primitivas deveriam ser estudadas em detalhe, seus artefatos compilados cuidadosamente, assim como todos os aspectos da cultura, incluindo sua história, linguagem, costumes e ambiente físico. Boas advogava um método comparativo, além de um estudo comparado das tribos vizinhas, na pesquisa da formação das diferenças culturais. Esse acúmulo persistente e extenso de material seria complementado pela articulação de princípios genéricos, dos quais emanariam as



A idéia de que o formato da cabeça seria relevante em função do temperamento é bem antiga. Franz Boas destruiu esse conceito no início do século XX.

leis da evolução cultural. Criticado pela vasta quantidade de material colhido, mas não analisado, a insistência de Boas no detalhe teve, apesar disso, forte impacto, sendo transmitido a seus estudantes; entre eles, Margaret Mead, Ruth Benedict e Ralph Linton.

Em 1911, Boas publicou *A Mente do Homem Primitivo*, oriundo de uma série de conferências em que ele atacava a noção de raças "inferiores", apontando para a instabilidade das características que diziam distinguir uma raça da outra. "Mais do que qualquer outro antropologista", escreve Marshall Hyatt, "Boas foi responsável por uma mudança estrutural da ciência para longe do darwinismo social e na direção do suporte dos direitos iguais. Não mais poderiam os pseudocientistas monopolizar a ciência para provar suas teorias de inferioridade dos negros. Seu ataque ao racismo, baseado no raciocínio, bem como a defesa dos afro-americanos foram características do nexos entre o ativismo social de Boas e seu trabalho profissional."

Coincidentemente com o estudo sobre os negros americanos, Boas fez uma investigação no campo da antropologia física relativa às supostas "raças com cérebros menores" então imigrando da Europa para os Estados Unidos, com a oposição dos nativistas. Os

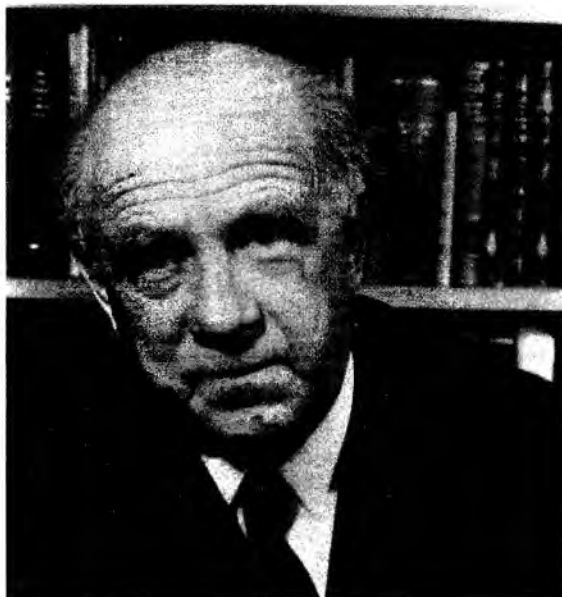
americanos, com alto nível de consciência sobre raça, haviam inserido a ciência nessa luta, e, a pedido da Comissão de Imigração dos Estados Unidos, Boas estudou as famílias dos imigrantes europeus. Empregando métodos comuns usados pelos cientistas da época para medir as supostas diferenças entre as raças, Boas encontrou grande flexibilidade entre os grupos de imigrantes, os quais mudaram fisicamente no decorrer de uma geração após a migração. Boas, através da medida do crânio, por exemplo, considerou que imigrantes com cabeças alongadas produziam filhos com cabeças curtas, depois de haverem chegado aos Estados Unidos. Apesar de nenhuma das medidas de Boas mostrar grandes diferenças entre as raças, ele podia dizer que, “nem mesmo as características provadas de uma raça serem as mais permanentes no local de origem permanecem as mesmas no novo ambiente”. O relatório *Mudanças nas Formas Corporais dos Descendentes dos Imigrantes* foi publicado em 1911.

A antropologia constituiu-se num campo diversificado, ainda durante a vida de Boas, e outras metodologias e trabalhos vêm, desde então, competindo por merecer a devida atenção. Mas a influência de Boas ainda é hoje sentida, talvez por sua ênfase na análise lingüística. Seu *Manual de Linguagens dos Índios Americanos* foi publicado pela primeira vez também em 1911, e seu ponto de vista deu frutos excepcionais, tanto que Leonard Bloomfield concede a Boas o crédito de ter realizado, “quase que sozinho, as ferramentas da fonética e sua descrição estrutural”. Boas “marcou a transformação na trama das teorias e dos métodos americanos de lingüística, ponto de partida na tradição moderna da lingüística descritiva”.

A vida e a carreira de Boas não transcorreram sem conflitos. Amável e bem-apeado, foi casado com Mari Krackowizer, de quem teve seis filhos, dois dos quais morreram antes de chegarem à idade adulta. Mari morreu num acidente de automóvel em 1929. A reputação de Boas foi prejudicada durante a Primeira Guerra Mundial por se recusar a apoiar a entrada dos Estados Unidos no conflito. Em consequência, perdeu a presidência da American Anthropological Association, sendo até expulso como membro, durante algum tempo; mais tarde foi reintegrado.

Em 21 de dezembro de 1942, Boas compareceu a um almoço no Columbia Faculty Club em homenagem a Paul Rivet, um antro-

pólogo francês que havia fugido da França ocupada pelos nazistas. Entre os convidados estavam Ruth Benedict e Ralph Linton. Claude Lévi-Strauss, que também compareceu, lembra-se de Boas chegando com “um velho chapéu de pele que devia datar de sua expedição entre os esquimós há sessenta anos”. Em meio às agradáveis discussões, Franz Boas parou repentinamente, afastou-se da mesa e morreu.



Werner Heisenberg & a Teoria Quântica

(1901 – 1976)

Em meados da década de 1920, os físicos deixaram de envidar esforços para visualizar o átomo; porquanto, usando números quânticos, seus modelos matemáticos eram bem-sucedidos. Desde 1925, Werner Heisenberg passou a ser um dos arquitetos principais de uma nova teoria quântica e, dois anos mais tarde, propôs o “princípio da incerteza”, que fixa o limite para todos os esforços no sentido de medir as partículas subatômicas. Assim, durante a década de 1930, juntamente com NIELS BOHR [3], Heisenberg tornou-se um dos expoentes na formulação da “Doutrina de Copenhague”, como veio a ser conhecida, sobre teoria quântica, angariando para ela a

aceitação irrestrita que ainda hoje lhe é outorgada. Quando do advento do nazismo, Heisenberg não aderiu ao êxodo para os Estados Unidos, escolhendo permanecer na Alemanha, onde, durante a Segunda Guerra Mundial, trabalhou em pesquisa sobre a fissão, cujo objetivo final tem sido fonte de debates consideráveis nos anos recentes. “Werner Heisenberg, nascido na aurora do século XX”, escreveu seu biógrafo David Cassidy, “tornou-se um de seus grandes físicos. E também um dos mais controvertidos”.

Werner Heisenberg nasceu em 5 de dezembro de 1901 em Würzburg, na Alemanha, filho de August Heisenberg, professor de estudos bizantinos na Universidade de Munique, e de Anna Wecklein Heisenberg. O jovem Werner era muito ligado à mãe e desenvolveu exteriormente uma aparência tranqüila, em contraste com uma enorme motivação interior que refletia tanto a forte personalidade quanto também ambições acadêmicas de seu pai. Em setembro de 1911, Werner entrou para o Maximilians-Gymnasium, uma instituição de prestígio dirigida por seu avô materno, onde, nove anos mais tarde, concluiu seus estudos. Participou do Movimento da Juventude Germânica depois da Primeira Guerra Mundial e ativamente apoiava a supressão da revolta dos trabalhadores na Baviera, em 1919, liderada por comunistas. Depois, Heisenberg tentou, com resultados duvidosos, manter-se alheio a qualquer envolvimento político.

Heisenberg voltou-se para a física num momento propício, ao entrar para a Universidade de Munique em 1920. Em 1922, ano em que começou a estudar com MAX BORN [32], Heisenberg conheceu Niels Bohr na Universidade de Göttingen. Os dois fizeram um passeio às montanhas Hain e, logo após, Bohr declarou: “Ele [Heisenberg] entende tudo.” Heisenberg doutorou-se em 1923, em Munique, e, no ano seguinte, estabeleceu-se em Copenhague para continuar seu trabalho no Instituto Bohr de Física. Em 1925, desenvolveu a mecânica matricial — descoberta considerada o ponto-chave da mudança para a física moderna.

No começo da década de 1920, surgiram problemas sérios com o novo modelo Rutherford-Bohr para o átomo que, apesar do sucesso, não conseguia explicar uma variedade de fenômenos experimentais. Em 1924, Heisenberg começou a considerar a possibili-

dade de uma teoria pela qual as quantidades observáveis e mensuráveis — tais como a luz e a frequência — seriam as únicas variáveis. Do mesmo modo que ALBERT EINSTEIN [2] decidiu tratar como fictícios os infinitos implícitos nas leis newtonianas, Heisenberg forçou a admissão de que os elétrons não podiam ser, com segurança, medidos individualmente. “Eles se fixaram”, escreve David Cassidy, “nos essenciais, como a existência de pulos quânticos e de descontinuidades dentro dos átomos, rejeitando a idéia de *anschaulich*, ou seja, de modelos atômicos que pudessem ser visualizados.”

Logo após Heisenberg desenvolver a mecânica matricial — assim chamada porque usava a álgebra de matricial para descrever o elétron —, o físico austríaco ERWIN SCHRÖDINGER [18] propôs outro modelo, chamado de mecânica de ondas. A princípio não houve concordância sobre qual teoria estava correta. Porém, mais tarde, ficou demonstrado que ambas eram matematicamente equivalentes, apesar de uma teoria caracterizar o elétron como uma partícula, e a outra, como uma onda. Heisenberg interpretou essa aparente contradição com um famoso artigo, publicado em 1927. Em *Sobre o Conteúdo Intuitivo da Cinemática Quântica e Mecânica*, propunha o conceito que passou a ser associado muito de perto a seu nome: o “princípio da incerteza”. Sustenta, simplesmente, que não é possível calcular com perfeita precisão a posição e o impulso de uma partícula subatômica. Efetivamente, quanto maior a certeza com que é medida a velocidade de uma partícula subatômica, menor a certeza com relação à sua posição. O princípio da incerteza deu apoio total a uma idéia que era do conhecimento dos físicos há muitos anos: que a linguagem normal, literalmente, não consegue descrever o átomo. O átomo apenas pode ser medido; e, nessa medida, existe a incerteza inerente causada pelas limitações da percepção humana.

Nos anos seguintes, Heisenberg ficou sendo o maior proponente dessa nova “interpretação de Copenhague” sobre a mecânica quântica. Junto com Niels Bohr e outros, tornou-se bastante influente, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, que visitou em 1929, apresentando uma série de importantes conferências na Universidade de Chicago. De 1927 até 1941, Heisenberg foi professor de física na Universidade de Leipzig, onde trabalhou com Wolfgang Pauli e outros

para desenvolver a eletrodinâmica quântica e a teoria do campo quântico, preparando as bases da pesquisa sobre a física da alta energia. Juntamente com Erwin Schrödinger e PAUL DIRAC [20], recebeu em 1933 o Prêmio Nobel do ano de 1932.

A decisão de Heisenberg de não sair da Alemanha hitlerista e seu trabalho sobre o potencial da energia nuclear durante a guerra vêm sendo objeto de muita especulação durante todos esses anos. Suas decisões políticas refletiram tanto seu patriotismo quanto sua crença, comum entre os alemães não-nazistas, de que Hitler sairia vitorioso da Segunda Guerra Mundial. Heisenberg foi atacado por motivos ideológicos pela SS de Hitler em 1937, mas foi exonerado pelo próprio líder daquela organização, Heinrich Himmler. De acordo com Elisabeth Schumacher, mulher de Heisenberg, ele via a política como um “jogo de xadrez no qual os sentimentos e as paixões das pessoas são subordinados ao curso já traçado dos eventos políticos, do mesmo modo que as figuras do xadrez às regras do jogo”. Recusou-se a deixar a Alemanha quando teve oportunidade, durante uma viagem, em 1939, para fazer uma conferência nos Estados Unidos; em vez disso voltou para a Alemanha e comprou um retiro no campo, decidindo “fazer meu papel da melhor maneira que possa”.

Em 1942, Heisenberg foi nomeado diretor do Instituto Kaiser Wilhelm para Física em Berlim. Trabalhou na fissão nuclear e dirigiu o projeto de urânio de Hitler. Apesar de haver sido sugerido que ele pudesse ter deliberadamente ajudado a atrasar o desenvolvimento de uma bomba atômica pela Alemanha, o assunto não é claro. Numa visita feita em 1941 a Niels Bohr, pouco antes de este fugir para os Estados Unidos, Heisenberg discutiu reações nucleares e pode ter desenhado um reator. As intenções de Heisenberg — se foi um aviso ou se estava se vangloriando, ou se foi uma afirmação de intenções pacíficas — continuam obscuras até hoje.

No final da guerra, Heisenberg foi preso pelos aliados e aprisionado na Inglaterra com outros cientistas alemães por cerca de seis meses. Em 1946 foi-lhe permitido voltar à Alemanha, onde foi nomeado diretor do Instituto Kaiser Wilhelm de Física em Göttingen e que depois passou a ser conhecido como Instituto Max Planck. Heisenberg era bastante jovem quando fez suas grandes descobertas

e longa foi sua carreira no pós-guerra como cientista do governo e chefe da delegação alemã no Conselho Europeu para a Pesquisa Nuclear. Escreveu vários livros, incluindo *A Concepção da Natureza pelo Físico*, e uma autobiografia, *A Física e Mais Além*. Em 1970, pediu demissão do Instituto Max Planck e morreu de câncer seis anos mais tarde, em 1º de fevereiro de 1976. Com sua morte, seus colegas e amigos organizaram uma procissão de velas acesas até a porta de sua casa.

Na velhice, Heisenberg ficou desencantado com a física das partículas, acreditando haver um problema de conceito com a noção das partículas elementares, como os quarks, e trabalhou numa versão da teoria unificada de campo. “Teremos de abandonar a filosofia de Demócrito e o conceito das partículas elementares fundamentais”, escreveu em *Tradição em Ciência*. “E deveríamos aceitar, em vez disso, o conceito das simetrias fundamentais, derivado da filosofia de Platão.” Na verdade, no final da vida, voltou para o platonismo que havia aprendido na juventude e fundiu o legado de sua família com o de sua educação.



Linus Pauling & a Química do Século XX

(1901 – 1994)

As qualidades e as interações específicas da enorme variedade de diferentes substâncias químicas — tanto orgânicas quanto inorgânicas, naturais e sintéticas — foram descritas, mas nunca explicadas adequadamente pela química do século XIX. O que provoca essa palpável diferença entre as substâncias — duras e moles, doces e azedas, por exemplo — para não mencionar a miríade de reações químicas que acontecem entre uns poucos elementos? Boa parte do século XX já havia passado, e a teoria química permanecia muda. Por volta da década de 1930, derivadas dos recentes métodos de análise a partir da teoria já amadurecida da mecânica quântica,

começaram a aparecer as visões das ligações químicas. Tudo culminou não só com novas ferramentas para analisar as propriedades dos elementos e prever as reações químicas, mas com enormes conseqüências na biologia molecular e na interpretação bioquímica da vida. O americano Linus Pauling foi o primeiro dos personagens principais dessa transformação.

Linus Pauling nasceu em 28 de fevereiro de 1901, em Oswego, no Estado de Oregon, filho de Lucy Isabelle Darling Pauling e de Herman William Pauling. Os Pauling pertenciam a uma família diferente; a tia de Linus chamava-se Stella “Dedos” Darling e era uma conhecida arrombadora de cofres; outro de seus parentes fizera-se espiritualista. Herman Pauling, que era farmacêutico (uma vez colocou anúncios de “Pílulas Rosa ‘Pauling’ para pessoas pálidas”), morreu cedo, de úlcera gástrica, em 1910, logo depois de ter escrito uma carta para o jornal local perguntando como encorajar os excepcionais talentos intelectuais de seu filho. Depois da morte do marido, Belle Pauling administrou uma pensão na pequena cidade “de um só cavalo” de nome Condon, no Estado de Oregon. Linus, que não se havia interessado pela química enquanto seu pai era vivo, com 12 anos começou a fazer experiências com produtos químicos roubados de uma fábrica abandonada de refinaria de metal.

Apesar de Pauling ter deixado o ginásio sem diploma, em 1917 — conferido em 1962, depois de ganhar seu segundo Prêmio Nobel —, conseguiu se matricular no Oregon Agricultural College, onde estudou engenharia química. Sua educação universitária foi decididamente levada adiante por ele próprio, pois sua mãe teria preferido que ele trabalhasse para dar uma ajuda financeira à família. Depois de receber o diploma de bacharel em 1922, Pauling começou estudos de pós-graduação no California Institute of Technology, que possuía um extraordinário departamento de química e do qual era presidente Robert Millikan, o eminente físico, cuja simples experiência da “gota de óleo” permitiu calcular, pela primeira vez, a carga de um elétron. Na Caltech, a principal área de interesse de Pauling era a físico-química, e logo ficou sob a influência de Roscoe Dickinson, que desenvolvia uma técnica para o uso da difração dos raios X, descoberta uma década antes por MAX VON LAUE [56] no estudo da composição dos

cristais complexos. Em colaboração com Dickinson, Pauling descreveu a estrutura de um mineral chamado molibdenita e publicou alguns artigos, antes de receber o doutorado *summa cum laude* em 1925.

O advento de uma nova teoria quântica, no meio da década de 1920, trouxe um melhor entendimento do átomo e preparou o terreno para uma nova perspectiva da ligação química. Pauling foi à Europa em 1926, passando algum tempo em Munique, com Arnold Sommerfeld, a quem havia conhecido dois anos antes, encontrando-se também com ERWIN SCHRÖDINGER [18], em Zurique, com NIELS BOHR [3], em Copenhague, e com WERNER HEISENBERG [15] e MAX BORN [32], em Göttingen. O relacionamento de Pauling com os maiores personagens da mecânica quântica era a mostra da nova ligação a ser feita entre a química e a física. Quando voltou para o Caltech no ano seguinte, tornou-se um dos poucos químicos vivos que possuíam uma boa concepção da teoria quântica. Foi professor catedrático do Caltech em 1931 e também ensinou na Universidade da Califórnia, em Berkley, de 1929 até 1934.

Partindo do trabalho inicial sobre cristais, Pauling usou, em 1928, a teoria quântica no fenômeno da ligação química. Mostrou como as propriedades específicas de vários átomos se relacionam com seus elétrons na aplicação da mecânica de ondas. Pauling desenvolveu uma série de regras que sistematicamente mostravam a formação das ligações químicas. Generalizando a partir de sua forma matemática, as regras se relacionam com a formação de pares e com o giro dos elétrons e também com a posição em que se encontram nas orbitais dos átomos.¹³ A interação das orbitais determina os relacionamentos físicos e, numa escala maior, as várias qualidades associadas com os produtos químicos. “Se o desejo é ser poético”, escrevem Ted e Ben Goertzel em sua lúcida biografia de Pauling, “pode ser dito que os átomos tentam chegar uns aos outros, distorcendo as funções da quântica de onda de seus elétrons, precisamente do modo mais eficiente para se ‘agarrarem’ uns aos outros. Dessa

¹³ As orbitais representam a região onde os elétrons podem ser encontrados em torno do núcleo atômico e são derivadas do conceito original dos elétrons em órbitas fixas. As órbitas são provenientes do conceito newtoniano; e as orbitais, do conceito da mecânica quântica de ondas.

forma, os átomos se juntam para formar as moléculas, que são os elementos básicos da matéria.”

Em 1931, o artigo mais influente e mais significativo feito por Pauling, *A Natureza da Ligação Química*, foi publicado no *Journal of the American Chemical Society*. Veio a ser o primeiro de uma série de sete artigos clássicos publicados no começo da década de 1930. A realização de Pauling não passou despercebida, e ele obteve não só alta reputação por seus trabalhos no meio científico, como também passou a ser celebrado pela mídia como um jovem americano em ascensão e um potencial ganhador do Prêmio Nobel. Pauling fez jus a essa atenção, pois falava muito bem e se empenhava para explicar suas teorias e descobertas, fornecendo contexto e imagens excepcionais sempre carregadas de humor. Em 1931, enquanto proferia uma conferência na cerimônia de recebimento do Prêmio Langmuir, a eletricidade foi cortada. Em 1939, Pauling publicou a primeira edição de *A Natureza da Ligação Química*, um dos mais significativos trabalhos sobre química do século XX.

“Por volta de 1935”, escreveu Pauling, “... senti ter atingido um completo entendimento sobre a natureza da ligação atômica.” Posteriormente, expandiu seus horizontes para incluir o estudo de moléculas orgânicas mais complexas. Já se vinha interessando por biologia desde 1929, quando o geneticista THOMAS HUNT MORGAN [62] chegou a Caltech; agora, Pauling já previa a importância da química para o entendimento dos processos vitais.

A pesquisa bioquímica de Pauling teve repercussões em várias áreas específicas, da medicina, inclusive. Seus estudos iniciais envolviam a tentativa de tirar o nó da estrutura da hemoglobina, a proteína que transporta o oxigênio pelo sangue e é a responsável por sua cor vermelha. Inicialmente não teve sucesso, mas alguns anos mais tarde — numa explosão de intuição enquanto jantava no Century Club na cidade de Nova York — descobriu a base química da anemia falciforme. Como consequência, foi logo confirmado que essa doença do sangue continha uma base molecular e era transmitida segundo as leis de hereditariedade de Mendel, numa adaptação genética para proteger contra a malária, o que explicava sua incidência nos africanos.

A descoberta da química da anemia da célula tipo lua crescente

foi a base para a biogenética e levou Pauling a estudar as reações serológicas mais detidamente e a investigar a estrutura dos anticorpos e sua relação com os antígenos invasores. Inspirado e encorajado por KARL LANDSTEINER [81], o pesquisador de imunologia mais proeminente da época, Pauling desenvolveu uma teoria de muita influência — apesar de que não provou ser finalmente correta — da interação entre os anticorpos e os antígenos e esteve envolvido na produção dos primeiros anticorpos sintéticos em 1942.

Mas a realização mais significativa de Pauling, na bioquímica, foi o estudo dos aminoácidos e das proteínas, o que preparou a base para maiores avanços na biologia molecular. Onipresente no micromundo biológico e considerada desde o começo do século como a chave da compreensão dos sistemas vivos, a complexidade das proteínas resistiu à análise por muito tempo. O trabalho de Pauling começou em 1937 e prosseguiu por vários anos. Adotou o que se tornou um método famoso para construir modelos de moléculas em escala, enquanto obtinha pistas pela difração pelos raios X. No final da década de 1940, Pauling iria propor a noção de que as grandes moléculas obedeceriam a algum tipo de simetria na repetição de suas conexões. Pauling percebeu que, em lugar disso — através de um pulo de imaginação científica —, a forma helicoidal representava “a relação *geral* no espaço entre dois objetos assimétricos, mas equivalentes”. Moléculas longas tendem a tomar essa forma e, como foi mais tarde percebido, seu caráter assimétrico permite que codifiquem as informações. Pauling publicou, em 1950, um artigo-chave sobre as estruturas helicoidais, elaborado junto com Robert Corey.

A estrutura do DNA, a molécula longa e fina de dupla hélice que contém informação genética e dirige a síntese das proteínas, é a descoberta mais famosa, obtida da percepção de Pauling. É mais do que concebível que o próprio Pauling pudesse ter descoberto a estrutura do DNA, se não fosse pela interferência do governo dos Estados Unidos. Na Califórnia, Pauling não tinha acesso às fotografias de difração dos raios X de alta qualidade, feitas por Maurice Wilkins no King's College, mas planejava vê-las durante uma reunião na Inglaterra, em 1952. Entretanto, devido aos pontos de

vista políticos liberais de Pauling, o Departamento de Estado, por conselho do Comitê da Câmara dos Deputados Sobre Atividades Antiamericanas, decidiu não renovar seu passaporte. Como consequência, Pauling ficou nos Estados Unidos e escreveu um artigo em 1953 que descrevia o modelo do helicoidal tríplice para a molécula de DNA — que estava errado. Dois meses mais tarde, a explicação correta sobre a estrutura helicoidal dupla foi publicada por JAMES WATSON [49] e FRANCIS CRICK [33].

A carreira final de Linus Pauling teve méritos mais políticos do que científicos, causados por seu antagonismo às armas nucleares. Durante a década de 1930, dera apoio à campanha socialista de Upton Sinclair para se eleger governador da Califórnia e que, apesar de notável, foi um fracasso. Depois da Segunda Guerra Mundial, Pauling fazia forte oposição à política da Guerra Fria e usou sua influência em favor do tratado de proibição de testes nucleares. Foi investigado como radical de esquerda, durante a década de 1950, e a American Legion dizia ser um dos “que davam guarida à linha comunista”. Ganhou o Prêmio Nobel para a Paz em 1962, e o *New York Herald Tribune* o chamou de “pseudopacifista apaziguador”. Durante a guerra do Vietnã, Pauling repetidamente deu suporte à política da nova esquerda e se tornou um de seus porta-vozes, mas não como um pensador político.

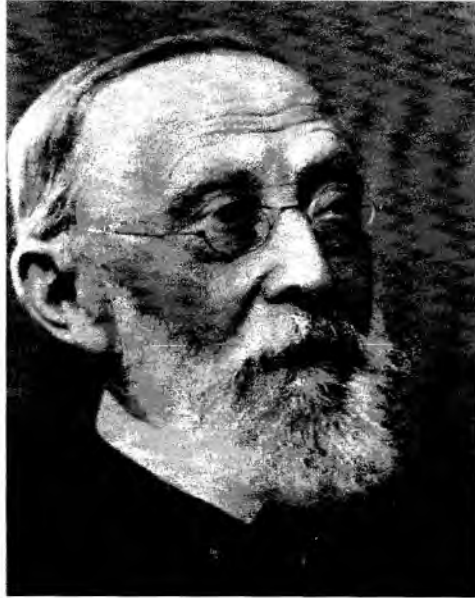
A falta de reconhecimento pela Caltech do segundo Prêmio Nobel, recebido por Pauling, fez com que se mudasse, em 1963, para o Centro para o Estudo das Instituições Democráticas. Em 1967, entrou para a Universidade da Califórnia e de 1969 até 1974 trabalhou na Universidade de Stanford.

No último quarto de século de sua vida, Pauling envolveu-se com o esforço para demonstrar a importância da vitamina C no processo de impedimento do resfriado comum e de muitas outras doenças, desde o herpes até o câncer. Não conseguiu dar provas convincentes da eficácia das megadoses que ele e sua mulher, Ava Helen, tomavam todas as manhãs, a não ser por sua própria longevidade. Juntamente com o fundamentalista cristão, Arthur Robinson, Pauling fundou o Instituto de Medicina Ortomolecular em 1974, que é hoje o Instituto Linus Pauling de Ciência e Medicina, em Palo Alto, na Califórnia.

A vida pessoal de Pauling era aparentemente tranqüila, mas não isenta de conflitos internos. Casou-se, em 1922, com uma de suas alunas e tiveram três filhos e uma filha durante um casamento longo e feliz. Apesar de ateu, ele e a mulher freqüentavam a igreja unitária, porque, dizia ele, “aceitam como membros pessoas que acreditam em tentar fazer do mundo um lugar melhor para se viver”. A participação de Pauling em dois estudos com cientistas, usando os métodos de Rorschach para avaliar a personalidade, revelou suas próprias tendências narcisísticas, forte ambição e muita imaginação, bem como sentimentos de vazio emocional. Pauling parece que teve de segurar suas emoções e empreender muito esforço para ter esse controle. Não se sentia um excelente pai e, dos quatro filhos, ficou mais ligado à filha, Linda Pauling Kamb.

Em seus últimos anos de vida, Pauling era admirado pelo povo; como viúvo, quando aparecia nos espetáculos nacionais de entrevistas, recebia muitas cartas femininas com intenções amorosas.

Em 1990, teve o diagnóstico de câncer de próstata, que mais tarde se disseminou para os intestinos. Linus Pauling nunca disse que os 10 gramas diários de vitamina C lhe dariam a imortalidade. Morreu em 19 de agosto de 1994.



Rudolf Virchow & a Doutrina da Célula

(1821 – 1902)

Até a metade do século XIX, *células*, para os europeus, eram principalmente os domicílios frugais dos monges. Quando em 1665 Robert Hooke observou “grandes quantidades de pequenas caixas” em lâminas de cortiça, por meio de seu microscópio composto, comparou-as a uma colmeia e escolheu um nome que significava um espaço vazio e fechado. O interior repleto da célula e seu papel fundamental nos organismos vivos ficaram despercebidos nos 200 anos seguintes. Somente em 1838 e 1839, com a melhoria dos sistemas óticos e pelas teorias propostas pelo botânico Matthias Schleiden e pelo zoólogo Theodor Schwann, foi sugerido que

poderiam ter um significado mais amplo. Mas o gênio da teoria celular — e fundador da patologia celular — foi o médico e anatomista alemão Rudolf Virchow.

Um dos físicos mais famosos de sua época, Virchow recebeu grande influência de Pasteur, por sua capacidade de atacar e enfrentar os principais problemas na apresentação de uma teoria a partir de dados experimentais, empenhando-se intensamente para que a mesma fosse aceita. Cientista envolvido com a política, era radical ao ponto de acreditar que o médico devia ser “o advogado natural dos pobres”. Com sua morte, escreve seu biógrafo Erwin H. Ackerknecht, “a Alemanha podia reclamar de ter perdido quatro grandes homens de uma só vez: seu melhor patologista, seu melhor antropologista, seu melhor sanitarista e seu liberal mais destacado”.

Rudolf Ludwig Carl Virchow nasceu em 13 de outubro de 1821, na cidade de Schivelbein, que hoje faz parte da Polônia, mas que naquela época situava-se na província da Pomerânia, na Prússia, no mar Báltico. Seu pai, Carl Christian Siegfried Virchow, um fazendeiro, fora um homem de negócios, sem sucesso, e tesoureiro da cidade; sua mãe era Johanna Maria Hesse Virchow. Saindo de casa aos 14 anos para cursar o ginásio, Rudolf foi excelente aluno, desenvolvendo a paixão pelo aprendizado e mirando a posse de um “conhecimento global da Natureza desde a divindade até a pedra”. Em 1838, ganhou uma bolsa de estudos para medicina no Friedrich-Wilhelms Institute em Berlim, onde ficou sob a influência de Johannes Peter Müller, cujos trabalhos sobre fisiologia estavam criando novos avanços importantes. Recebeu seu diploma de médico em 1843.

Virchow tornou-se médico interno no Hospital Charité de Berlim, um local de grande movimento intelectual em medicina. Inicialmente foi anatomista de patologia, fazendo dissecações para demonstrações anatômicas. Em 1847, passou a *Privatdozent*, o que lhe permitia ensinar; na mesma época, deu início à sua primeira pesquisa.

O trabalho inicial de Virchow, ligado à flebite, a doença inflamatória das veias, era entendido na época como o causador da patologia. Analisando a fibrina, a proteína principal da coagulação, Virchow mostrou sua importância para a coagulação e

inventou os termos *embolia* e *trombose*. Demonstrou que os coágulos que causavam a flebite não se deviam a causas locais de inflamação, mas somente a aglomerados de células degeneradas provenientes de outros locais. Do mesmo modo, mostrou que o pus era composto de células brancas do sangue. As observações de Virchow sobre a formação de leucócitos levaram-no a descrever a doença da leucemia.

Nada imune ao desassossego social característico da década de 1840, Virchow engajou-se politicamente, depois de uma pesquisa referente a uma epidemia de tifo na Silésia superior, na Prússia, território da minoria polonesa oprimida. Fazendo parte de uma comissão formada pelo governo depois de revelações da imprensa, Virchow viajou para aquela região e enviou um relatório onde dizia que as causas fundamentais da epidemia eram de cunho social. Esta foi a primeira das estocadas políticas de Virchow e ele prescrevia, para combater a epidemia, “democracia, educação, liberdade e prosperidade”. Perguntava retoricamente algo que ressoa tão claramente nos dias de hoje, como no século XIX: “Será que os triunfos do gênio humano levam somente a isto, que a raça humana se torne mais miserável?”

Virchow era ativista em Berlim na revolução de 1848 — apesar de confessar não ter feito nada quanto às barricadas — e passou a reformar o estabelecimento médico alemão. Publicou um jornal semanal radical, o *Die Medizinische Reform*, no qual difundia o ponto de vista de que os médicos tinham o dever de servir aos pobres. Foi também eleito para a Dieta da Prússia, mas não permitiram que tomasse posse, por sua pouca idade. Devido a seus pontos de vista agnósticos e abrasivos contra a realeza, Virchow foi perseguido no período subsequente de reação política; seu parco salário foi cancelado, sendo efetivamente demitido do Charité. Também se viu forçado a deixar Berlim — e, quando voltou para se casar em 1849, as autoridades locais providenciaram para que ele saísse da cidade logo que a cerimônia houvesse terminado. Mas a fama de Virchow já se espalhara e, na Universidade de Würzburg, foi nomeado para ocupar a cadeira de anatomia patológica.

Na verdade, por volta de 1847, com a fundação de seu importante periódico, *Archiv für Pathologische Anatomie und Physiologie*,

Virchow tornou-se a maior força na Alemanha — do mesmo modo que CLAUDE BERNARD [13], na França — por trás da nova prioridade da fisiologia experimental na medicina. “A experiência”, escreveu, “é o julgamento final da ciência sobre a fisiologia patológica”. Estabeleceu o estudo das estruturas normais como sendo a chave para entender as patológicas, fez pesquisas sistemáticas e publicou numerosas monografias. Foi durante o início da década de 1850 que ele desenvolveu a teoria da célula e os princípios fundamentais da patologia celular.

Apesar de Theodor Schwann ter desenvolvido em 1839 uma importante teoria sobre as células, ela era incompleta, e Virchow a corrigiu e a ampliou, tanto conceitualmente quanto em muitos outros detalhes. Demonstrou que o músculo e o osso são feitos de células, do mesmo modo que os tecidos; além disso, fez grandes descobertas anatômicas. Mostrou a presença de tecido conectivo, entremeado de células nervosas, na coluna e no cérebro, e desenvolveu também uma classificação básica para os tecidos celulares.

Já em 1845, Virchow denominou a célula de unidade fundamental da vida e, em 1852, propôs a hipótese da divisão celular para explicar a reprodução, rejeitando a idéia de Schwann de uma substância geradora chamada blastema. Virchow formulou o que veio a ser a famosa e conhecida doutrina da célula: *Omnis cellula e cellula* (*Toda célula é proveniente de outra célula*). Virchow conseguiu entender que processos químicos aconteciam dentro das células e reconheceu a importância do núcleo. “O desenvolvimento não pode deixar de ser contínuo”, ele escreveu, “porque nenhuma geração pode começar uma série nova de desenvolvimentos. Devemos reduzir todos os tecidos a um simples elemento, a célula.” Reconhecendo a célula como a unidade básica da vida, escreveu que esta é “a última e irreduzível forma de todo elemento vivo, e ... dela emanam todas as atividades da vida, tanto na saúde como na doença”.

Em 1856, Virchow foi atraído de volta a Berlim; a medida de seu prestígio é o fato de conseguir, como condição para seu retorno, que fosse construído um novo instituto de patologia, do qual se tornou diretor. Seu livro de grande aceitação, *Patologia Celular*, elaborado a partir de uma série de conferências ministradas no

Instituto, foi publicado em 1858 e, em dois anos, já estava traduzido para o inglês. “O que Virchow conseguiu com o *Patologia Celular*”, escreve o médico Sherwin Nuland, “foi nada menos do que enunciar os princípios sobre os quais a pesquisa médica se basearia nos próximos 100 anos ou mais.” A hipótese celular de Virchow expandiu os horizontes da pesquisa em bioquímica e em fisiologia e teve ainda maior influência no campo mais vasto da biologia, em que a doutrina da célula desenvolveu a biologia molecular com a evolução da genética e com o melhor entendimento da reprodução. “Muitas vezes, não se nota”, comenta Elof A. Carlson, “que a doutrina da célula nasceu na mesma época (1858) que a *Origem das Espécies*, de Darwin (1859)”.¹⁴

Não escapou aos historiadores que o desenvolvimento da teoria celular feito por Virchow pudesse ter alguma relação com seu posicionamento político. O médico que era a favor da “democracia sem restrições” foi o mesmo que desenvolveu a teoria das células que, como escreveu Erwin Ackerknecht, “mostrava que o corpo era um estado livre, de indivíduos iguais; uma federação de células, um estado democrático de células”. Virchow manteve-se politicamente ativo por toda sua vida. Foi eleito para o Parlamento prussiano em 1862 e tornou-se o líder da oposição. Um de seus inimigos políticos, Otto Bismarck, desafiou-o para um duelo em 1865, tendo Virchow se recusado a participar, com sarcástico menosprezo. Eleito para o Reichstag em 1880, lá permaneceu até 1893 e também entrou em conflito com o Partido Socialista Cristão, que era anti-semita. Apesar de Virchow não ter conseguido impedir a subida de Bismarck ou as desastrosas conseqüências do patriotismo alemão, foi um eficiente líder cívico, ajudando a instalar esgotos decentes, sistemas de drenagem e o sistema de suprimento de água potável de Berlim.

Uma das ramificações do pensamento político de Virchow, ao se tornar mais velho, foi seu interesse pela arqueologia e pela nova ciência da antropologia física, que dominaram suas atividades depois de 1870. Firmemente oposto à idéia da superioridade racial,

¹⁴ Com relação a esse tema, é irônico notar que Virchow teve duas falhas científicas que chamam a atenção. Focalizado na patologia celular, ele não aceitou a teoria da doença causada pelo germe, proposta por LOUIS PASTEUR [5], e apesar de não rejeitar a Teoria da Evolução tinha suspeitas sobre ela.

então cada vez mais popular, coordenou um censo das crianças nos colégios que invalidou as afirmações de uma raça alemã única. Examinou crânios em sua terra natal, a Pomerânia, e acompanhou Heinrich Schliemann às ruínas de Tróia em 1878. Mostrou, na realidade, que grandes civilizações haviam existido, enquanto as primitivas tribos germânicas ainda viviam em cavernas. Numa avaliação, FRANZ BOAS [14] escreveu: “A antropologia física e a arqueologia pré-histórica na Alemanha tornaram-se o que são hoje, principalmente devido à influência e à atividade de Virchow.”

Não causa surpresa, mas, diferentemente de outros grandes cientistas alemães do século XIX, Virchow recusou um título de nobreza e a adição do *von* a seu nome. Apesar de rejeitar o comunismo, Virchow foi um socialista revolucionário de esquerda por toda a vida. “Nossa sociedade”, ele escreveu, “como um Édipo cego, tropeça cada vez mais numa escuridão lamentável, produzindo e fortalecendo seus inimigos e os empurrando enfim para medidas extremas, que são, de novo, loucas e criam a sua própria destruição. Assim, cumpre-se a profecia do oráculo.”

Bem ciente de sua importância para a medicina e um ativista no sentido mais abrangente da palavra, Virchow dava conferências sobre todos os problemas gerais da ciência e da política e foi, no final da vida, objeto de honrarias de todo o tipo. Morreu em 5 de setembro de 1902 devido a complicações causadas por um fêmur quebrado numa queda de um bonde.



Erwin Schrödinger & a Mecânica das Ondas

(1887 – 1961)

Erwin Schrödinger teve uma importância marcante para a física e para a biologia do século XX. Durante a década de 1920, criou uma das duas equações, separadas mas iguais, que descreviam o comportamento do elétron em volta do núcleo atômico. A primeira foi a mecânica matricial de Heisenberg; a segunda, a equação de ondas descrita por MAX BORN [32] como uma das “mais sublimes” de toda a física. Além disso, do mesmo modo que NIELS BOHR [3], Schrödinger estava intensamente interessado nas implicações filosóficas dos novos avanços da física teórica. Foi o autor de *O que É a Vida?*, um livro pequeno, mas indiscutivelmente um dos mais influentes do século XX, pois

encorajava os físicos a estudar os mecanismos básicos da biologia. “Todos leram Schrödinger”, escreve Horace Freeland Judson. “O fascínio se encontra na clareza com a qual Schrödinger examinou o gene, não como uma unidade algébrica, mas como uma substância física que tinha de ser quase perfeitamente estável e, ao mesmo tempo, exibir uma imensa variedade.”

Erwin Schrödinger nasceu em Viena em 12 de agosto de 1887, filho único de Rudolf Schrödinger e de Georgine. Adorado pela mãe, mimado por uma tia e influenciado fortemente por seu pai, Schrödinger virtualmente vivenciou uma infância ideal de classe média alta. Rudolf Schrödinger era proprietário de uma empresa de linóleo e, também, um botânico amador — tendo publicado artigos sobre a genética das plantas —, além de cultivar um interesse em pintura italiana, tornando-se para o filho um “amigo, professor e companheiro incansável”. Depois de receber aulas particulares até a idade de 11 anos, Erwin cursou, a partir de 1898, o famoso Akademisches Gymnasium, que orientava para humanidades, desenvolvendo uma educação clássica e secular com o estudo de literatura e filosofia. Sua tia, por parte de mãe, Minnie, era inglesa. Schrödinger também aprendeu inglês fluente, além de francês, espanhol e grego e latim clássicos. Durante tranquilos passeios em Innsbruck, sua mãe o forçava a praticar o inglês, dizendo: “Agora vamos falar inglês entre nós dois durante todo o percurso — não quero ouvir mais nenhuma palavra em alemão.” Apesar de relutante, “somente mais tarde Schrödinger percebeu o quanto havia lucrado com aquele hábito”.

Schrödinger entrou para a universidade em 1906, um ano após a publicação da famosa série de artigos de ALBERT EINSTEIN [2], e logo começou a estudar física com ardor. Recebeu o doutorado pela Universidade de Viena em 1910, lá permanecendo como professor. Durante a Primeira Guerra Mundial, serviu como oficial de artilharia, destacando-se por sua bravura. Como muitos outros de sua geração, Schrödinger foi fortemente afetado pela guerra e manifestou grande interesse por estudos filosóficos, incluindo o da filosofia indiana. Em 1925 escreveu um resumo de suas convicções, intitulado *Minha Visão do Mundo*. Fica evidente que Schrödinger era, ao mesmo tempo, inclinado para a espiritualidade e anti-religioso, fora do convencional,

e influenciado por Arthur Schopenhauer, o pessimista alemão do século XIX. E, talvez mais do que qualquer dos grandes cientistas, com exceção de SIGMUND FREUD [6] e de ALFRED KINSEY [96], Schrödinger também teve um interesse razoável pela experiência sexual, que ele concebia como um meio de atingir a transcendência.

Em 1921, Schrödinger ocupou uma posição em Zurique, onde continuou o trabalho inicial sobre a mecânica estatística dos gases, sobre a teoria da cor e sobre a teoria atômica. Também se manteve informado sobre os avanços feitos na teoria quântica, a qual havia acumulado problemas e inconsistências importantes, desde que Niels Bohr havia começado, em 1913, sua aplicação ao comportamento dos elétrons. Um avanço considerável ocorreu, neste caso, em 1924, quando LOUIS VICTOR DE BROGLIE [75] sugeriu que, do mesmo modo como Einstein havia demonstrado que as ondas de luz se comportam como partículas, sob determinadas circunstâncias, as partículas subatômicas poderiam também se comportar como ondas. Este foi um impulso importante para Schrödinger, inspirado num seminário que dirigiu sobre De Broglie. Na metade da década de 1920, Schrödinger estava preparado para apresentar sua grande contribuição para a Teoria Quântica.

A equação da onda, de Schrödinger, foi inventada durante as férias de Natal, em 1925, sendo interessante notar o seu contexto emocional: a mulher de Schrödinger estava tendo um caso extra-conjugal; para se consolar, ele, também, com uma velha amiga — cuja identidade permanece ainda um mistério — numa estação de esqui, nos Alpes suíços. Foi ali que concebeu os rudimentos da fórmula que sabia ser “muito bela”, se resolvida, e começou uma pesquisa de um ano, culminando com a revelação de uma das equações diferenciais mais importantes da história da matemática física.

Schrödinger efetivamente conseguiu colocar a hipótese de De Broglie numa fórmula matemática, encarando o elétron não como um *ponto* posicionado em vários locais em volta do núcleo do átomo, mas como uma *onda vertical*, passando em volta e pelo núcleo em níveis definidos de energia. A série de seis artigos, com a explicação da Teoria da Onda da Matéria, foi publicada em 1926, sendo sua importância imediatamente reconhecida. “O poder da

mecânica da onda de Schrödinger era monstruoso”, escreve o historiador de ciência David Cassidy, “suas óbvias vantagens e sua profunda importância foram ruidosamente proclamadas.”

Aproximadamente ao mesmo tempo em que Schrödinger concebia a equação da onda, WERNER HEISENBERG [15] desenvolvia a mecânica matricial, que também descreve o comportamento das partículas subatômicas. Para vencer os problemas ligados aos “pulos quânticos”, essa fórmula mostrava o elétron como um arranjo ou uma matriz de números. Com relação à equação de Schrödinger, esta era mais difícil de usar; entretanto, a mecânica matricial e a Teoria da Onda da Matéria são equivalentes matematicamente, como foi logo demonstrado por PAUL DIRAC [20], entre outros. E MAX BORN [32] sugeriu a probabilidade, como uma explicação para o comportamento dos elétrons, aparentemente em forma de onda. Com isso, uma nova e duradoura teoria quântica havia nascido.

Ao contrário de Niels Bohr, que já acreditava não poderem ser as partículas subatômicas totalmente descritas, Schrödinger a princípio pensou que sua teoria pudesse levar a uma explicação completa do átomo. Assim como Einstein, continuou a procurar por uma teoria unificada, na qual o conceito ordinário de causa não fosse abandonado em favor da estatística. Logo depois que a Teoria da Mecânica da Onda foi publicada, ele visitou Bohr, em Copenhague, mantendo uma longa série de discussões pessoais sobre as implicações filosóficas da Teoria Quântica. Disse a Bohr que, se a idéia de pulos quânticos fosse necessária, “eu teria arrependimento por ter jamais me envolvido com a Teoria Quântica”.

Bohr respondeu: “Mas os outros agradecem por você ter-se envolvido, pois a mecânica da onda contribuiu muito para a limpeza e a simplicidade da matemática, o que representa um progresso gigantesco sobre todas as formas anteriores de mecânica quântica.”

Em 1927, Schrödinger mudou-se para a Universidade de Berlim, onde foi escolhido para suceder ao prestigioso MAX PLANCK [25] na cadeira de física teórica, sem titular, devido à aposentadoria deste. Em 1933, com a ascensão do nazismo, Schrödinger foi um dos primeiros cientistas a deixar a Alemanha, mas seu antifascismo era passivo e seu exílio não foi causado por nenhuma oposição ao fato de Hitler ter-se tornado chanceler. Mais tarde, naquele mesmo

ano, Schrödinger recebeu o Prêmio Nobel de Física, que compartilhou com o físico inglês Paul Dirac. Em 1936, depois de ter permanecido por três anos no Magdalen College em Oxford, Schrödinger voltou à Áustria para ensinar na Universidade de Graz. Logo, o *Anschluss* de 1938 causou sérias conseqüências para ele, que ficou sob observação pelos nazistas. Eventualmente escreveu uma “confissão” — pela qual se viu severamente criticado pelos colegas e da qual, mais tarde, se arrependeu — dando suporte “à vontade do Führer”. Mas nem isso acalmou os nazistas; Schrödinger foi demitido de sua função. Com atraso, mas finalmente convencido de que não podia permanecer na Áustria, Schrödinger e sua mulher fugiram do país, com 10 marcos no bolso. Depois de breves períodos na Itália e nos Estados Unidos, foi convidado para a Escola de Física Teórica em Dublin, então recentemente fundada por Eamon de Valera, onde permaneceu até 1956.

Inspirado até certo ponto pelo trabalho mais recente do astrônomo ARTHUR EDDINGTON [37], Schrödinger teve o que C. W. Kilmster chamou de “uma segunda floração de gênio”, a partir de 1935. Em Dublin, escreveu o livro *O que É a Vida?*, no qual dava uma possível explicação das funções celulares, de acordo com as leis da termodinâmica. Schrödinger pensava serem os genes os controladores da entropia, ou desordem, que se acumula em qualquer sistema, e tinha a noção de que as bases da vida podiam, portanto, ser totalmente entendidas através de suas propriedades físicas e químicas. “O livro *O que É a Vida?*”, escreve Roger Penrose, “representa uma tentativa poderosa para compreender alguns dos mistérios genuínos da vida” e está “entre os escritos científicos mais influentes deste século”. Apesar de alguns equívocos em aspectos importantes, exerceu influência sobre FRANCIS CRICK [33] e JAMES WATSON [49], sendo, portanto, um componente intelectual na descoberta da molécula de DNA.

Depois da Segunda Guerra Mundial, Schrödinger quis voltar para a Áustria e finalmente se repatriou em 1956, quando aceitou um cargo na Universidade de Viena. Entretanto, logo ficou doente e pouco trabalhou em seus últimos anos de vida. Sua personalidade era notável: com alto nível de cultura, articulado, não-conformista

e meio libertino.¹⁵ Em 1920, Schrödinger se casou com Annemarie Berthel, uma mulher de muito respeito e a quem ele tratava como uma doméstica, de acordo com seu biógrafo, Walter Moore. Apesar de sexualmente incompatíveis, ficaram juntos, cada um com seus próprios casos extraconjugais, na atmosfera liberada da Zurique do Entre-Guerras, até que ele veio a morrer no dia 4 de janeiro de 1961. Está enterrado na vila de Alpach.

Schrödinger é um cientista cujo trabalho dá margem a uma especulação fascinante, exatamente sobre a qual ele se situa entre os demais, em termos de influência. Pode ser lembrado que a Teoria da Onda foi desenvolvida com a intenção expressa de evitar os “pulos quânticos” (inevitáveis) e permaneceu filosoficamente ligada às antigas idéias de uma realidade subjacente. A idéia central do livro *O que É a Vida?* — os seres vivos que são caracterizados pela “entropia negativa” — hoje é considerada errada.

Esses “erros” diminuem sua influência? A resposta é: não, de maneira nenhuma. Schrödinger somente representa um caso transparente de como um cientista pode desenvolver idéias que se frutificam pelas razões erradas. O fato é que a equação da onda de Schrödinger foi um passo crucial na mecânica quântica, sendo relativamente fácil de ser empregada e trazendo benefícios práticos de longo alcance. O significado de seu livro *O que É a Vida?* também não pode causar dúvidas, haja vista a existência de toda uma geração de biólogos moleculares. Porém, a permanência da influência de Schrödinger é uma lição sobre a natureza dos avanços científicos.

¹⁵ Um pouco antes de sua morte, Schrödinger comentou que, se fosse escrever algo mais do que um breve relato autobiográfico, “teria de deixar à margem uma parte bem substancial desse retrato, ou seja, a que tem a ver com meus relacionamentos com as mulheres”.



Ernest Rutherford & a Estrutura do Átomo

(1871 – 1937)

O equilíbrio e a estabilidade caracterizam os átomos; para Demócrito, na Grécia antiga, bem como para a física do século XIX, eles eram sólidos e indivisíveis. Tal ponto de vista foi derrubado em torno do ano de 1900, pois a descoberta de elementos radioativos instáveis abriu uma janela incomensurável para uma visão da estrutura atômica. Assim, a consolidação do átomo moderno pode ser devida aos misteriosos raios X detectados por Wilhelm Röntgen em 1895 e também à descoberta da radioatividade por Pierre e MARIE CURIE [26]. Mas é ao físico neozelandês Ernest Rutherford que devemos a primeira grande explicação sobre a estrutura do átomo.

Rutherford desenvolveu um modelo do átomo como sendo um núcleo pequeno e bem cheio, envolto por elétrons em órbita. Com isso, deu início à física nuclear, explicou a deterioração radioativa e ajudou a retificar a tabela periódica dos elementos. Frequentemente é classificado, no mesmo nível de MICHAEL FARADAY [11], como um dos grandes experimentalistas da história da ciência. Quando morreu, foi chamado de “Newton da física atômica”, nos elogios fúnebres feitos a seu respeito.

Ernest Rutherford nasceu em 30 de agosto de 1871, em Spring Grove, na Nova Zelândia, e foi o quarto de 12 filhos (nove dos quais chegaram à idade adulta) de James e de Martha Rutherford. James Rutherford teve várias atividades — cultivou fibra de linho, foi fabricante de rodas, dono de moinho — e permanecia frequentemente longe de casa. Era mais ligado a sua mãe, uma diretora de colégio. Leu seu primeiro livro de física com 10 anos. Foi um excelente aluno do Nelson College, onde começou a estudar em 1887 em razão de uma bolsa. Daí, foi para o Canterbury College, da Universidade da Nova Zelândia, em Christchurch, terminando o bacharelado em 1892, com “primeiros lugares” em matemática e física. Recebeu seu grau de mestre, em 1893, e o B.Sc., em 1894. Quando, em 1895, recebeu a notícia de que recebera uma bolsa para estudar na Inglaterra, ele trabalhava na fazenda da família. Imediatamente largou a pá e declarou à sua mãe: “Esta é a última batata que colhi em minha vida.”

A chegada de Rutherford em Cambridge coincidiu com a descoberta accidental dos raios X por Wilhelm Röntgen, em 1895, e das misteriosas emissões do urânio por Henri Becquerel. As propriedades inusitadas dessas descobertas causaram grande alvoroço no mundo científico, e logo Rutherford passou a estudá-las com JOSEPH J. THOMSON [31], diretor do Laboratório Cavendish. Thomson havia demonstrado que os raios X podiam fazer com que um gás conduzisse eletricidade; entretanto, essa condutividade seria destruída se o gás fosse forçado a passar através de lâ de vidro ou entre placas carregadas eletricamente. Isso sugeria serem os raios X constituídos de partículas, e Rutherford estava convencido de sua existência física como “alegres e pequenos mendigos, tão reais, que posso quase vê-los”. Uma ionização, semelhante à da água, conhecida já por 60

anos, estava ocorrendo em um gás.¹⁶ Esta descoberta foi feita em 1896, em conjunto com Thomson, e trouxe a fama de Rutherford.

No final da vida, Rutherford comentou que a decisão mais importante de sua carreira, tomada em 1897, foi a de estudar os fenômenos radioativos. Em 1898, conseguiu distinguir duas formas diferentes de emanções radioativas provenientes do urânio, às quais chamou de raios alfa e beta. A radiação alfa (mais tarde descoberta que era composta de núcleos de hélio) era fortemente ionizante, mas com pouca capacidade de penetração, podendo ser bloqueada pelo ar. Os raios beta (mais tarde foi descoberto que eram compostos de elétrons de alta energia) não eram muito ionizantes, mas muito mais invasivos, a ponto de poderem passar por grossas lâminas de metal. Apesar de ainda envoltos em mistério, os raios alfa e beta tornaram-se, nas mãos de Rutherford, sondas de excepcional importância para a descoberta da natureza do átomo.

Em 1898, Rutherford aceitou um cargo na Universidade de McGill, em Montreal, onde tinha a vantagem de um laboratório muito bem equipado e um estoque de brometo de rádio, um composto raro e dispendioso. Também veio a conhecer Frederick Soddy, um químico que, por muitos anos, foi seu principal colaborador. Juntos, Rutherford e Soddy fizeram as experiências básicas que “instituíram os princípios fundamentais da radioatividade”, como escreveu A. S. Eve há alguns anos. De modo particular, mostraram como o tório, um elemento radioativo, deteriorava-se numa velocidade constante, numa série de outros elementos, finalmente se estabilizando como chumbo. Isto levou ao conceito da “vida-média”. Já em 1904, Rutherford discutiu a possibilidade de usar a radioatividade para verificar a idade da Terra. Tendo em vista o preceito, comum na virada do século, de serem os átomos indestrutíveis, esse tipo de transmutação dos elementos parecia uma heresia para muitos cientistas. Quando Rutherford e Soddy publi-

¹⁶ Um *íon* passou a ser entendido como um átomo com carga: carregado positivamente (um *cátion*, com elétrons faltando) ou carregado negativamente (um *ânion*, com sobra de elétrons). Michael Faraday inventou estas expressões, no contexto da eletroquímica, na década de 1830; em 1887, Svante August Arrhenius sugeriu que os íons eram átomos carregados eletricamente. Esse conceito não havia sido aceito até a descoberta do elétron por Thomson e antes das investigações sobre a radioatividade.

caram sua teoria em 1905, criaram não só estupefação, mas também sofreram considerável crítica.

Uma generalização ainda maior, surgida do estudo da radioatividade, foi a estrutura do próprio átomo. De volta à Inglaterra em 1907, Rutherford assumiu a cadeira de física na Universidade de Manchester, de onde dirigiu um grupo de estudantes que incluía Hans Geiger e Ernest Marsden. Ao fazerem uma experiência com base num palpite, Rutherford e seus assistentes bombardearam uma fina lâmina de ouro, rodeada de painéis de sulfeto de zinco, com partículas alfa provenientes do radônio. A maioria das partículas alfa passou através da lâmina, como esperado, mas partículas ocasionais claramente ricochetearam, causando um clarão quando atingiam o sulfeto de zinco. Foi “como se”, revelou Rutherford depois, “você tivesse atirado uma bala de canhão de 15 polegadas numa folha de papel e a bala voltasse para atingir você”.

Rutherford havia descoberto não ser o átomo “algo fino e denso” como geralmente fora pensado, desde os tempos de JOHN DALTON [74]. Na verdade, o átomo era um ponto de carga elétrica concentrada, “envolvido por uma distribuição esférica uniforme de eletricidade oposta, com igual quantidade”. Assim, enquanto a maior parte das partículas alfa possuía massa e velocidade tais, que lhes permitiam passar pelos átomos da lâmina de ouro, ocasionalmente uma passava perto de um núcleo e desviava-se. Rutherford conseguiu calcular o tamanho da partícula central como sendo 10 mil vezes menor do que o da circunferência de qualquer átomo. Rutherford anunciou publicamente essa descoberta numa reunião da Sociedade Filosófica e Literária de Manchester, no dia 7 de março de 1911.

Assim, Rutherford desenvolveu o modelo do átomo, similar a um sistema solar em miniatura, composto de núcleos pequenos mas densos, tendo em órbita elétrons muito menores. Em 1914, ele começou a pensar o núcleo propriamente dito como composto de elétrons carregados negativamente e de “elétrons positivos”, aos quais, mais tarde, chamou de prótons. O átomo de Rutherford (também conhecido por átomo de Rutherford-Bohr) possuía defeitos importantes e foi sendo, subsequente, muito modificado, a partir do advento da mecânica quântica. Mas é um dos pivôs da

história da física moderna. Também formou a base teórica para as correções necessárias da tabela periódica.¹⁷

As últimas grandes contribuições de Rutherford aconteceram durante a Primeira Guerra Mundial, quando entrou num caminho experimental que concretizava o sonho dos alquimistas. Havia já demonstrado serem os átomos indivisíveis e poderem os elementos radioativos deteriorar, transformando-se em outros elementos. Então, raciocinou ele, deveria ser possível transmutar um tipo de átomo em outro, se uma ou mais partículas pudessem se liberar de seu núcleo. Com essa finalidade, bombardeou nitrogênio atmosférico com partículas alfa, o que resultou na emissão de núcleos de hidrogênio. Como algumas de suas experiências foram feitas durante a Primeira Guerra Mundial, Rutherford desculpou-se aos oficiais britânicos por sua ausência no esforço de defesa, escrevendo: “Se, como acredito, consegui desintegrar o núcleo do átomo, este fato tem muito mais importância do que a guerra.” Como veio a ser entendido mais tarde, essa experiência foi o primeiro caso de fissão atômica feita deliberadamente.

Apesar de continuar a trabalhar nos 17 anos seguintes, Rutherford já havia terminado o que seria seu último feito de grande significado. Em seguida mudou-se da Universidade de Manchester para a de Cambridge, onde em 1919 tornou-se o sucessor de J. J. Thomson como diretor do Laboratório Cavendish. Rutherford morreu em 19 de outubro de 1937, depois de haver sofrido um acidente infeliz que provocou a infecção de uma hérnia umbilical. Está enterrado na Abadia de Westminster.

Ernest Rutherford foi coberto de honrarias durante a vida. Ganhou o Prêmio Nobel em 1908 — estranhamente em química, o que levou a piadas sobre o físico que havia sido “instantaneamente transmutado” num químico. Tornou-se cavaleiro em 1914, exercendo o cargo de presidente da Real Sociedade, de 1925 a 1930, e recebeu um título de nobreza em 1931.

¹⁷ Dois números pertencem a cada elemento na tabela periódica. O peso atômico fornece a massa relativa, enquanto o número atômico indica a quantidade de prótons no núcleo. O hafnium, por exemplo, tem um peso atômico de 178,49; seu número atômico relativo aos outros elementos é 72. Organizando os elementos pelo número atômico, evita as anomalias que ocorrem quando classificados pelo peso.

Um dos mais típicos dos grandes da ciência, Rutherford constituiu objeto de muita adulação. Amigável e expansivo, foi casado com Mary Georgina Newton, uma mulher inteligente, que lia muito, mas tinha os pés no chão. Manteve uma relação amistosa, apesar de longínqua, com sua mãe, que permaneceu na Nova Zelândia. Quando recebeu o título de nobreza, ele lhe escreveu: "Agora, Lorde Rutherford; mais honra sua do que minha, Ernest." Ele ficou muito perturbado pela morte dela em 1935. Politicamente um liberal, Rutherford não era religioso e sim um excelente escritor de assuntos científicos. Mas o biógrafo de Rutherford, David Wilson, achava que, "quando escrevia sobre ele próprio, tornava-se extremamente tedioso". Com uma personalidade poderosa, "estava sempre cheio de agitação", escreveu E. N. da C. Andrade, "e era de um entusiasmo contagiante quando descrevia trabalhos, nos quais havia realmente se engajado, e sempre generoso no reconhecimento dos trabalhos dos outros".



Paul Dirac & a Eletrodinâmica Quântica

(1902 – 1984)

“Entra Dirac”, escreve Abraham Pais sobre um específico momento histórico da física, durante a década de 1920, quando Paul Dirac tornou-se o personagem central do desenvolvimento da mecânica quântica. Do mesmo modo que WERNER HEISENBERG [15] e ERWIN SCHRÖDINGER [18] desenvolveram equações explicando o comportamento subatômico, Dirac, em 1927, propôs uma “teoria de campo” que descrevia a natureza da luz ao interagir com a matéria — uma fantástica realização na história da ciência. Em 1928, usando princípios relativistas, descobriu uma equação que previa o comportamento do elétron, o primeiro grande passo para o desenvolvimen-

to da moderna Teoria da Eletrodinâmica Quântica (QED). Dirac também foi levado a prever a existência do pósitron, o elétron carregado positivamente — a contrapartida do elétron com carga negativa. O pósitron foi, na realidade, descoberto em 1932 — a primeira das muitas “antipartículas”, essencialmente sem massa, que haviam sido profetizadas pela Teoria Quântica. A influência de Dirac, na física, foi profunda, toda ela expressada por equações abstratas; ele não tinha o interesse apaixonado de NIELS BOHR [3], Heisenberg e Schrödinger sobre as implicações filosóficas da nova física.

Paul Adrien Maurice Dirac nasceu em Bristol, na Inglaterra, em 8 de agosto de 1902, filho de Charles Adrien Ladislav Dirac e de Florence Hannah Dirac, nascida Holten. O relacionamento de Dirac com seu pai, professor de francês, de origem suíça, sempre fora muito tenso, pelo fato de este exercer uma disciplina muito estrita e pelo ambiente familiar ser carregado de problemas psicológicos. Dirac, já adulto, possuía uma personalidade notadamente introvertida, explicando, mais tarde, que, em criança, seu pai lhe passava os contatos sociais como valores e, além disso, insistia para Paul só se dirigir a ele em francês, uma língua que quase não conhecia. “O resultado foi eu não falar com ninguém, a menos que se dirigissem primeiro a mim. Eu era muito introvertido e passava o tempo pensando sobre problemas da natureza.” Quando seu pai morreu, em 1935, Dirac escreveu para sua mulher Margit: “Agora me sinto muito mais livre.”

Ao cursar o Merchant Venturer's College, a escola secundária onde seu pai ensinava, Dirac mostrou-se excepcional em matemática. Na universidade local de Bristol, estudou engenharia elétrica, apesar de ter pouco interesse sobre o assunto; em 1921, recebeu o título de bacharel em ciência, com honras de primeira classe. Por não ter conseguido encontrar trabalho depois da formatura — devido ao alto nível de desemprego na Inglaterra —, recebeu permissão para continuar a estudar matemática na Universidade de Bristol. Suas excepcionais habilidades foram notadas: em 1923 ganhou uma bolsa para se tornar estudante de pesquisa no St. John's College em Cambridge; lá aprendeu sobre a Teoria Atômica e conheceu Niels Bohr.

A grande importância de Dirac para a mecânica quântica é, historicamente, devida ao acaso, pois chegou em Cambridge num momento de grande crise na Teoria Quântica. Apesar de o átomo de Rutherford-Bohr ter sido apresentado com a ajuda das idéias da mecânica quântica, a nova teoria só conseguia prever o comportamento do elétron em volta do átomo mais simples, o de hidrogênio. Ao examinar partículas cujos diâmetros eram menores do que um bilionésimo de polegada, os físicos ultrapassaram o limite da percepção humana. A mecânica matricial e a mecânica das ondas, as duas soluções da mecânica quântica, eram essencialmente matemáticas e mais contrárias à intuição do que a física clássica. Havia sido desenvolvidas, separadamente, por Werner Heisenberg e por Erwin Schrödinger, em 1925 e 1926 — e foi nesse momento que Dirac apareceu.

Em 1925, Dirac fez sua contribuição inicial para a Teoria Quântica quando viu um rascunho do primeiro trabalho de Heisenberg sobre a mecânica matricial. Dirac reconheceu no tratamento matemático alguma similaridade com uma formulação clássica obscura do século XIX e derivou uma fórmula equivalente; ao escrever para Heisenberg, causou grande excitação em Göttingen. Quando, alguns meses mais tarde, as equações propostas por Schrödinger mostraram que os elétrons podiam também ser grupos de ondas em volta do núcleo atômico, Dirac pôde da mesma forma estabelecer a ligação com formulações clássicas antigas. Dirac conseguiu demonstrar que a mecânica clássica poderia ser considerada como um caso especial da mecânica quântica.

O trabalho de Dirac sobre a mecânica matricial de Heisenberg tornou-se uma tese que lhe rendeu o doutorado em física pelo St. John's College em Cambridge, em 1926. Na primavera daquele mesmo ano, deixou a Inglaterra para se encontrar e colaborar com Heisenberg na Alemanha, bem como com Niels Bohr em Copenhague. No outono, já havia produzido a "Teoria da Transformação", unificando a mecânica matricial de Heisenberg à mecânica das ondas de Schrödinger, numa única equação abstrata. Em 1927, sua teoria foi apresentada na V Conferência da Solvay, em Bruxelas, sendo muito discutida. De modo geral, os físicos acharam atraente o que Dirac apresentava — mas difícil de ser entendido.

Erwin Schrödinger foi um dos que reclamaram a Bohr sobre Dirac “não fazer idéia da *dificuldade* que uma pessoa normal tinha para poder entender seus trabalhos”.

Uma das limitações da nova Teoria Quântica era que, apesar de descrever muito bem os elétrons quando se moviam vagarosamente, falhava quando estes se moviam próximo ou à velocidade da luz, como freqüentemente acontece. E, embora as mecânicas matricial e da onda pudessem dar resultados precisos para os átomos nos estados simples, o que acontecia com a luz, por exemplo, quando refletida de uma parede? Para descrever tais acontecimentos, deveria ser empregada a Teoria da Relatividade de Einstein; assim, no final do ano de 1926, Dirac começou a trabalhar numa equação que descreveria tudo isso. O resultado foi uma “teoria de campo” e o famoso artigo *A Teoria Quântica da Emissão e da Absorção da Radiação*.

A importância de ter uma mecânica quântica que obedecesse aos princípios da relatividade ficou então muito clara e Dirac continuou a trabalhar a maneira de explicar adequadamente o comportamento dos elétrons. Alguns anos antes, sugeria-se que os elétrons “giram” sobre si mesmos enquanto se movem, um conceito que resolvia certos problemas do estudo dos vários espectros de raios X dos elementos. Dirac incorporou então essa idéia numa única equação que descrevia o movimento dos elétrons e, com maior alcance ainda, resolvia o problema de seu comportamento com maior eficiência e profundidade do que até então se fizera.

A Equação de Dirac, como veio a ser chamada, não indicava um ponto no espaço como posição do elétron, mas, consoante com a Teoria Quântica, indicava uma *gama* de localizações possíveis, governadas pela probabilidade. A teoria predizia um campo magnético em volta do elétron e sugeria que, por exemplo, os quatro “números quânticos” necessários para calcular seu movimento refletem as quatro dimensões do espaço-tempo. A equação é, como explicou Dirac mais tarde, “uma teoria autoconsistente que se ajusta aos fatos experimentais até o ponto em que são conhecidos”.

Porém, o aspecto mais extraordinário da equação foi o de concretizar um ponto de vista, somente suspeitado, de que o átomo está flutuando num mar de partículas sem massa ou “virtuais”.

“Dirac”, escrevem Robert P. Crease e Charles C. Mann, “havia estabelecido o início da teoria moderna do eletromagnetismo — a primeira peça sólida do modelo padrão —, mas havia também, sem intencionalidade, liberado um número de demônios conceituais que mudariam nossos pontos de vista sobre o espaço e a matéria.” “A teoria de Dirac”, adicionam, “expôs o tenebroso caos na ordem mais baixa da matéria. Os espaços em volta e dentro dos átomos, que antes se supunham vazios, estavam agora sendo imaginados como cheios de uma sopa fervente de partículas fantasmagóricas.”

Na verdade, Dirac previu em 1930 a existência de uma partícula elementar que era efetivamente a contrapartida do elétron, com carga positiva. Para alguns, naquela época, parecia algo fora de questão, mas os físicos experimentais haviam recentemente descoberto os “raios cósmicos”, que bombardeavam a atmosfera da Terra, provenientes do espaço exterior.¹⁸ No California Institute of Technology, uma poderosa câmara de nuvem, construída para estudar tais radiações, detectou as trilhas de certas partículas que tinham, na verdade, o *mesmo peso* dos elétrons, mas com uma carga *positiva*. Estes eram os pósitrons, encontrados em 1932 — a primeira forma de “antimatéria”. Em 1933, Paul Dirac ganhou o Prêmio Nobel de Física.

Eleito membro do St. John’s College em 1927, Dirac lá permaneceu como professor e em 1932 tornou-se Professor Lucasiano de Física em Cambridge. Manteve essa posição até 1969, apesar de, com frequência, promover cursos e fazer conferências no exterior. No final da década de 1960, mudou-se para a Flórida, e de 1972 a 1984 foi professor de física na Florida State University. A mulher de Dirac, Margit Wigner, com quem ele teve duas filhas, era irmã do grande físico húngaro Eugene Wigner.

Dirac, apesar de excêntrico, tornou-se um personagem famoso na física, e as pessoas gostavam dele, sendo largamente admirado e até descrito por um jornal como um “tímido tal qual uma gazela e modesto tanto quanto uma donzela vitoriana”. Parecia sempre recorrer ao que os psicólogos chamam de pensamento concreto, o

¹⁸ Os raios cósmicos consistem de núcleos de elementos comuns, bem como de elétrons, pósitrons e outras partículas elementares. Foram detectados já em 1911 e batizados em 1925, mas sua origem efetiva não é sabida.

que era divertido para seus colegas. Uma vez, “Está ventando muito hoje”, como início de conversa, fez com que Dirac deixasse a mesa de jantar, abrisse a porta da frente, voltasse para a mesa e dissesse: “Sim.” Quando Wolfgang Pauli quis perder peso, perguntou a Dirac quantos cubos de açúcar deveria usar em seu café. Dirac respondeu: “Acho que um é o suficiente para você.” Um momento depois, generalizou com a especificação: “Acho que os cubos são feitos de forma tal que um é suficiente para qualquer pessoa.”

Dirac colocava-se um pouco à esquerda na política, e seus contatos com os cientistas soviéticos levaram à negação de visto de entrada nos Estados Unidos durante a Guerra Fria. Sua total falta de interesse em arte ou em literatura, tendo em vista seu passado, lembra o de RICHARD FEYNMAN [52], que desenvolveu um pouco mais a eletrodinâmica quântica. No final de sua carreira, Dirac enfatizou um conceito idiossincrático de “beleza matemática”, e sua biógrafa, Helge S. Kragh, acredita ser essa uma das razões pelas quais “os meados da década de 1930 marcaram uma linha divisória principal: todas suas grandes descobertas foram feitas antes daquele período e, depois de 1935, nada mais conseguiu produzir, na física, de valor permanente”. Porém, isso não diminui o fato de ter sido Dirac quem concluiu a “forma definitiva da teoria do quântico”, escreve John C. Taylor, “criando uma doutrina tão atrativa quanto a mecânica de Newton o havia sido”.

Paul Dirac morreu em 20 de outubro de 1984.



Andreas Vesalius & a Nova Anatomia

(1514 – 1564)

A grande autoridade em medicina, no final da Idade Média, era Galeno, o médico grego do segundo século d.C. Médico brilhante e escritor prolífico, Galeno foi considerado pela Igreja como o árbitro mais importante da medicina, especialmente quanto à anatomia, semelhante a como os sábios adotaram Aristóteles na física. Durante muito tempo, isso não apresentou muitos problemas, principalmente porque a mentalidade espiritual da Idade Média quanto ao corpo humano não era favorável a seu entendimento sistemático. Mas com o desenvolvimento de uma nova apreciação secular — vivamente expressa, por exemplo, nas pinturas e desenhos

de Leonardo da Vinci — esse conceito medieval começou a hesitar. Para Andreas Vesalius ficou então a tarefa de apresentar o trabalho inicial da moderna anatomia. “Eu não poderia ter feito nada mais importante”, ele disse de si próprio, “do que dar uma nova descrição de todo o corpo humano, do qual ninguém entendia a anatomia.”

Andreas Vesalius nasceu numa família de médicos famosos, em 31 de dezembro de 1514, em Bruxelas, então parte do Império Habsburgo. Seu pai, Andreas, era o boticário do imperador Carlos V; sua mãe era Isabel Crabbe. A localização da propriedade da família possuía vista para as forcas da cidade, onde eram executados os criminosos, cujos corpos eram deixados por vários dias para serem comidos por aves de rapina. Ainda criança, Vesalius começou a dissecar pequenos animais, incluindo alguns infelizes gatos e cachorros sem dono.

Depois de freqüentar a Universidade de Louvain, Vesalius estudou medicina, de 1533 até 1536, na Universidade de Paris, de muito prestígio e, naquela época, uma fortaleza do pensamento conservador. Lá, Vesalius não aprendeu nada de muita importância, como contou mais tarde. Depois de ajudar seu professor, Guinter de Andernach, a publicar um livro sobre anatomia, comentou ser ele um ignorante com relação à estrutura do corpo humano. Enquanto estava em Paris, Vesalius caçava ossos no Cemitério dos Inocentes e examinava os corpos dos criminosos após serem enforcados em Montfaucon, onde ele, uma vez, como escreveu depois, “ficou em perigo por causa dos muitos cães selvagens”.

A guerra entre a França e o Sacro Império Romano forçou Vesalius a deixar Paris em 1536 e voltar para a Universidade de Louvain, onde recebeu o diploma de bacharel em medicina. Continuou na Universidade de Pádua, em Florença, recebendo seu grau de doutor *magna cum laude* em 1537. Essa universidade, em que havia estudado NICOLAU COPÉRNICO [10] e na qual GALILEO GALILEI [7] iria mais tarde ensinar, também se tornou o palco das maiores realizações de Vesalius. Logo depois de receber seu título, foi nomeado professor de cirurgia e de anatomia.

A dissecação de corpos não fora proibida nas escolas de medicina; na realidade, tornou-se comum desde o século XIV. Mas era feita de maneira escolástica: os estudantes observavam de uma

galeria, enquanto um barbeiro abria o corpo e um professor lia os textos de Galeno. Vesalius mais tarde escreveu: "Tudo é ensinado errado, os dias são desperdiçados em assuntos absurdos e, na confusão, menos é oferecido ao observador do que um açougueiro, em sua loja, poderia ensinar a um médico."

Vesalius, portanto, começou a dissecar cadáveres, ele próprio, na frente dos estudantes e, em pouco tempo, adquiriu grande fama. Em 1538, publicou *Tabulae Anatomicae Sex* (Seis Tabelas Anatômicas) que, apesar de se situarem dentro do sistema de Galeno, indicavam a direção de seu trabalho. As figuras haviam sido lindamente executadas pelo artista flamengo Jan Stephen van Calcar, um estudante de Ticiano. Dois anos mais tarde, quando Vesalius foi solicitado a fazer uma conferência e uma demonstração em Bolonha, na Igreja de São Francisco, apontou uma série de erros e deixou sem jeito e irritado o professor galenista Matteo Corti.

De Humani Corporis Fabrica (Sobre a Estrutura do Corpo Humano) apareceu em 1543, livro-texto de anatomia de tal ordem, que nada parecido havia sido visto, e passou a ser uma das pedras fundamentais da medicina. Deve ser dito que Vesalius não atacou diretamente a Galeno, a quem admirava, mas corrigiu vários erros — mostrando, por exemplo, que o osso da bacia do ser humano não era curvo como o de um cão e que homens e mulheres tinham o mesmo número de costelas. Muito do trabalho de Galeno era baseado na observação de animais, e assim Vesalius também derrubou as estruturas do tipo fígado de cinco lóbulos e o útero em forma de chifre.

O *De fabrica* foi projetado para ser estudado, consultado e utilizado como um manual de como fazer, pelos estudantes, claramente encorajando a descobrir, por si mesmos, o interior do corpo humano. "Quando os órgãos restantes do tórax tiverem sido jogados no recipiente", escreveu Vesalius, "vire o cadáver para a posição de decúbito frontal e, tanto quanto possível, limpe os músculos do pescoço, costas e de todo o tórax, mas tomando cuidado para não quebrar as costelas, que são frágeis, nem estragar nenhum dos processos, dissecando muito perto. Deve-se ter ainda mais cuidado ao prosseguir e limpar individualmente as costelas da vértebra torácica." Vesalius estava ciente das diferenças existentes entre os



Extraído de De fabrica.

indivíduos e queria que seus alunos procurassem as diferenças na estrutura.

O *De fabrica* foi um grande sucesso; mas Vesalius, que podia ser exaltado com seus colegas, sofreu considerável ataque. Em 1551, Jacobus Sylvius publicou *Uma Refutação das Mentiras de um Louco contra os Escritos de Hipócrates e de Galeno*. “Eu lhe suplico”, escreveu Sylvius, numa de suas frases mais amenas, “para não dar atenção a um certo louco ridículo, completamente sem talento, e

que pragueja e investe piamente contra seus professores.” Mas logo não houve mais dúvida sobre a enorme influência do *De fabrica*. Auspiciosamente, foi lançado uma semana depois do *De revolutionibus* de Nicolau Copérnico — na verdade, criou muito mais interesse imediato do que este e estabeleceu um impacto revolucionário num espaço de tempo muito mais curto. “No começo do século XVII”, escreve o biógrafo de Vesalius, C. D. O’Malley, “com exceção de alguns centros conservadores como Paris e alguns lugares do império, a anatomia de Vesalius havia obtido suporte tanto popular quanto acadêmico”.

Logo depois da publicação do *De fabrica*, por razões que não ficaram muito claras, Vesalius aceitou a oferta para se tornar médico pessoal do imperador Carlos V, nessa época empreendendo sua batalha final, sem sucesso, para manter unificado o Sacro Império Romano. Vindo de uma família com uma longa tradição de servir à realeza, essa decisão talvez não deva ser causa de surpresa. Ele era um médico muito eminente e estimado e, apesar de não mais fazer da anatomia seu centro de interesse, revisou o *De fabrica*, ainda em 1555, e sempre visitava as escolas de medicina. Ficou a serviço do imperador, mesmo depois de Carlos abdicar em 1556, em favor de seu filho, Felipe II da Espanha. Os pormenores do fim da vida de Vesalius não são muito conhecidos, mas em 1564, ao retornar de uma viagem à Terra Santa, sofreu um naufrágio, morrendo na ilha de Zante, na costa do Peloponeso.

No século XX, Andreas Vesalius foi vítima de um flagrante exemplo de difamação de caráter, perpetrado pela psicobiografia. Em 1943, no aniversário de quinhentos anos da publicação do *De fabrica*, o *Bulletin of Medical History* publicou uma edição especial somente sobre Vesalius. Ali estavam os elogios de Ludwig Edelman, por exemplo, que honra Vesalius como tendo usado a “capa de humanista”. Mas um artigo psicanalítico, de autoria do psiquiatra Gregory Zilboorg, procura dissecar a mentalidade de Vesalius, tentando mostrá-lo esquizóide e patologicamente deprimido, e que poderia ter se tornado um açougueiro. Zilboorg descreve Vesalius como “um não-lutador”, como um homem que “reagia muito pouco aos problemas de sua época” e que “não ficou para terminar a luta com seus oponentes”. Esses pontos de vista, que têm pouca base,

foram devidos possivelmente ao fato de, quando Zilboorg os estava escrevendo, os Estados Unidos, bem como seu país de origem, a Rússia, estarem plenamente engajados na Segunda Guerra Mundial. Os inimigos eram a Itália e a Alemanha. Vesalius efetivamente nasceu em um deles e foi educado no outro.

Todos os médicos conhecem a respeito Vesalius; em 1932, um deles, Louis Bragman, escreveu algumas linhas, não imortais, mas de adulação, em seu livro *Uma História Rimada da Medicina*, que merece sua citação:

*A dissecação conseguiu boa reputação,
E ajudou dos antigos erros a refutação.
Vesalius, iconoclasta,
Liberado pela autoridade,
Com graves dúvidas sobre Galeno, deu o basta
E fez uma nova anatomia.*



Tycho Brahe & a Nova Astronomia

(1546 – 1601)

O nobre dinamarquês Tycho Brahe é um personagem romântico da história da astronomia. Irascível e arrogante — o primeiro a ver a “supernova” de 1572 — tornou-se famoso e construiu um castelo-observatório numa ilha no estreito da Dinamarca. Não concordava com NICOLAU COPÉRNICO [10] sobre a Terra girar em torno do Sol, mas felizmente escolheu como sucessor JOHANNES KEPLER [9], que com ele concordava. Os três, juntamente com GALILEO GALILEI [7], derrubaram o antigo sistema ptolomaico e tiraram a Terra do centro do universo. Brahe foi o conservador entre eles; seu gênio era exatamente a perseguição paciente e moderna da observação cuida-

dosa e dos dados precisos sobre as estrelas. “Se Copérnico foi o maior astrônomo europeu da primeira metade do século XVI”, escreve Thomas Kuhn, “Tycho Brahe... era a autoridade astronômica principal da segunda metade deste mesmo século. E, julgando somente pela capacidade técnica, Brahe foi o melhor.”

Tyge (mais tarde latinizado para Tycho) Brahe nasceu em 14 de dezembro de 1546, numa região, Skane, que ficava então na Dinamarca, mas hoje pertencente à Suécia. Nascido na mais alta nobreza, um de dez irmãos, filhos de Otto Brahe e de Beate Bille, foi criado pelo irmão de seu pai, Jörgen Brahe, e pela mulher deste, que não tinham filhos. Aos 13 anos de idade, depois de aulas particulares, Tycho começou a cursar a Universidade Luterana de Copenhague. Para conseguir uma educação em artes liberais, seguiu o *trivium* (cursos em retórica, lógica e gramática) e o *quadrivium* (astronomia, aritmética, música e geometria), preparatórios para o estudo das leis, como desejava seu tio.

Entretanto, depois de observar o eclipse do Sol que havia sido previsto para o dia 21 de agosto de 1560, Brahe empolgou-se com o estudo da astronomia. Essa decisão não deve ter sido do agrado de sua família, pois em 1562, quando se mudou para a Universidade de Leipzig, contrataram um tutor para mantê-lo no estudo das leis. Durante esse período Brahe estudou ciência em segredo e, devido a sua idade — ainda estava na adolescência —, é bem possível que, como reza a lenda, fugisse para o lado de fora e estudasse as estrelas enquanto seu mentor estava dormindo. Ainda mais importante, em seguida a uma observação da conjunção de Saturno e de Júpiter em agosto de 1563, Brahe se deu conta dos consideráveis erros de cálculo das tabelas astronômicas então vigentes. Tomou a decisão de corrigi-las, e dessa motivação desenvolveu-se o homem a quem Kepler chamava de “o fênix dos astrônomos”.

Voltando para Copenhague em 1565, quando morreu seu tio, Brahe começou a estudar astronomia na Universidade de Wittenberg. Em 1566, travou um duelo que lhe custou parte do nariz. Daí em diante, Brahe usou uma prótese de metal; é interessante notar que, séculos após sua morte, quando seu corpo foi exumado em 1901, o osso em volta do canal nasal parecia estar tinto com uma

pátina verde, devido à corrosão metálica, provando que a prótese, apesar de se pensar ser de ouro ou de prata, devia conter cobre.

Depois do pôr-do-sol, numa clara noite do dia 11 de novembro de 1572, Brahe escreveu: "Notei que uma estrela nova e diferente, com maior brilho do que as outras estrelas, estava cintilando quase que diretamente sobre minha cabeça." Seguindo o movimento da estrela com o sextante durante todo o inverno e cuidadosamente anotando as posições do Sol, da Lua e dos planetas, Brahe percebeu que não podia medir a paralaxe da estrela. Isso indicava que esta não poderia estar perto da Lua. Além disso, como não se movia, não constituía um cometa e nem podia estar ligada a qualquer das esferas planetárias em revolução. Portanto, pertencia à oitava esfera das estrelas fixas e, na verdade, brilhava como uma estrela. Mas como era possível que algo novo aparecesse no firmamento, que devia ser perfeito e imutável? A Estrela de Tycho, como passou a ser conhecida depois que publicou seu curto livro *De Nova Stella (Sobre a Nova Estrela)*, foi a primeira adição ao firmamento observada desde os tempos do antigo grego Hipparchus. Foi seguida por astrônomos e por sábios através da Europa, que, de modo geral, concordavam com a necessidade de alguma acomodação ser feita, mesmo depois que a estrela desapareceu e não pôde mais ser observada, na primavera seguinte.¹⁹

Em 1576, Brahe aceitou uma pensão e o feudo oferecidos por Frederico II, rei da Dinamarca, ocupando então a ilha de Hven, no estreito da Dinamarca, onde estabeleceu Uraniborg (Castelo do Firmamento), e depois construindo um segundo observatório, Stjerneborg (Castelo das Estrelas), onde viveu e trabalhou durante 20 anos. Apesar de não ter um telescópio, que só foi inventado depois de mais uma geração, Brahe, com o auxílio de assistentes, fez bom uso de uma incrível variedade de instrumentos calibrados, incluindo quadrantes de grande dimensão, rodas em circunferência e uma enorme esfera armilar rotativa. Em 1577, ano em que apareceu o relógio com o segundo ponteiro, um cometa com longa cauda passou no firmamento, o que causou muito comentário — e prog-

¹⁹ Brahe havia descoberto o que hoje seria chamado de uma supernova — uma estrela que explode e aumenta de brilho antes de se perder de vista. Já foi observada cerca de meia dúzia durante os últimos mil anos.

nósticos fabulosos de desastres que estariam por vir. Ao cruzar o firmamento, forneceu ainda mais provas de que o antigo sistema ptolomaico deveria ser revisto. Brahe mostrou que o cometa deveria estar muito mais distante do que a Lua e, portanto, não podia estar passando dentro da atmosfera terrestre. Mas, tão importante quanto isso, é que o cometa não tinha uma órbita, o que significava que perfurava as esferas cristalinas celestiais. Eventualmente Brahe publicou um trabalho no qual argumentava ser implausível a existência de tais esferas invisíveis.

Embora o cometa de 1577 — bem como os outros que foram notados depois — devesse ter servido como suporte para a teoria de Copérnico sobre um sistema solar heliocêntrico, Brahe continuou a aderir ao modelo geocêntrico. Eventualmente construiu o sistema de Tycho, no qual a Terra e a Lua estão no centro, enquanto que os outros planetas giram em torno delas. Apesar de errado, podia se ajustar matematicamente aos fatos conhecidos aproximadamente tão bem quanto a teoria de Copérnico.

Com a morte do rei Frederico em 1588, Brahe perdeu seu patrono. Indispôs-se com seu sucessor, o rei Cristiano I, e em consequência perdeu a casa e a posição. Em 1597, ainda com recursos, mas sem pouso e carregando o peso dos instrumentos, deixou Hven e chegou a Praga dois anos depois. Lá, ficou sob a proteção de Rodolfo II, o sacro imperador romano, que agradava os intelectuais, e recebeu, então, um novo castelo e outra pensão.

Foi bastante auspicioso que, em 1600, Brahe tenha aceito Johannes Kepler como assistente, pois não viveria por muito tempo. Em 1601, Brahe teve um derrame enquanto jantava e morreu 10 dias depois, em 24 de outubro. No leito de morte, legou a Kepler seus dados sobre as estrelas e especialmente o trabalho sobre o planeta Marte, guardado cuidadosamente, com a recomendação de que este completasse seu trabalho e o publicasse. Kepler editou e publicou em 1603 o livro de Brahe, *Astronomae Instauratae Progymnasmata (Introdução à Nova Astronomia)*, que continha um catálogo de 777 estrelas. Kepler usou os dados de Brahe para compor as *Tabelas Rudolfinas* (denominadas assim em homenagem ao rei), que eram mais extensas e foram publicadas em 1627.

Enterrado em Praga, os restos de Brahe estão numa cripta do lado externo de uma igreja na praça da Cidade Velha. Atualmente, na ilha de Hven, pertencente à Suécia e chamada de Ven, existe um outro memorial; um museu foi criado em 1930, mas tudo o que resta de Uraniborg, o “Castelo do Firmamento”, é uma vala.



Comte de Buffon & *l'Histoire Naturelle*

(1707 – 1788)

Em 1749 foi publicado o primeiro volume de *l'Histoire Naturelle*, escrito pelo superintendente dos jardins reais do rei Luís XV, o Comte Georges-Louis Leclerc de Buffon. Mais 43 volumes se seguiram, durante as quatro décadas seguintes; os oito últimos apareceram depois da morte do autor. Apesar de não terem sido totalmente baseados em pesquisas originais e nele se inserirem especulações, *l'Histoire Naturelle* coloca Buffon como um personagem-chave no desenvolvimento das ciências biológicas. Ao adotar uma postura newtoniana, Buffon concebeu uma percepção do mundo como fundamentado nas causas físicas, livre de milagres e de cronologias

bíblicas. Buffon traz para o exame científico os grandes temas da ciência natural, questionando a sabedoria assimilada sobre uma grande quantidade de assuntos, desde a idade do cosmos até o desenvolvimento das espécies animais. A biologia, a zoologia, a geologia, a antropologia e a cosmologia podem ser encontradas no entendimento de Buffon. Além disso, como grande estilista, seu trabalho tem considerável valor literário. O provérbio que repetia muitas vezes, “o gênio é tão-somente uma grande aptidão para a paciência”, traz ecos de ISAAC NEWTON [1].

Georges-Louis Leclerc Buffon nasceu em 7 de setembro de 1707, no Montbard, na Borgonha, filho de Benjamin François Leclerc e de Anne Cristine Marlin. Os Buffon eram membros prósperos da burguesia emergente; Benjamin François tornou-se senhor de Buffon e de Montbard, devido a heranças recebidas por sua mulher, e também conselheiro do Parlamento de Borgonha. Georges-Louis cursou uma escola jesuíta em Dijon, não se distinguindo como estudante, apesar de ter sido cativado pela matemática. Seu pai queria-o estudando advocacia, mas os interesses de Buffon, pouco antes de completar 20 anos, estavam voltados para os temas científicos. Em 1728, matriculou-se na Universidade de Angers, onde estudou medicina, matemática, astronomia e botânica.

Em 1730, depois de haver se envolvido num duelo, Buffon largou repentinamente os estudos e saiu da França por um espaço de tempo. Viajou para a Suíça, Itália e Inglaterra, ficando bastante impressionado e influenciado pela ciência britânica. Ao voltar para a França com a morte de sua mãe, Buffon descobriu, para sua surpresa, que o pai reclamara as propriedades em Montbard que deveriam ser passadas a ele. Apesar de Buffon sair vitorioso da batalha legal que se seguiu, suas relações com o pai terminaram, e os dois nunca mais se falaram. Este resultado foi um golpe de sorte do destino para a carreira de Buffon, pois sua meta científica somente poderia ter sido realizada por alguém financeiramente independente.

No início da década de 1730, Buffon publicou estudos sobre a resistência à tensão das madeiras usadas para a construção de navios de guerra e, numa aplicação da teoria da probabilidade, usando o cálculo de Newton, escreveu um ensaio sobre a loteria francesa. Sua fama cresceu e, em 1734, foi eleito adjunto à Académie Royale

(tornou-se um dos membros); seis anos mais tarde, foi eleito membro da British Royal Society. Porém seu avanço mais significativo veio em 1739, quando, nomeado diretor do Jardim du Roi, que incluía a supervisão dos museus reais, jardins e guarda dos animais, começou seu projeto mais ambicioso.

L'Histoire Naturelle, Générale et Particulière, retumbante sucesso editorial em sua época, compara-se à enciclopédia de Diderot, uma das pedras fundamentais do pensamento do Iluminismo. O primeiro volume, *Discours sur la Manière d'Étudier et de Traiter l'Histoire Naturelle*, indicava as intenções de Buffon no exame de todo o mundo natural, desde a formação e o desenvolvimento da Terra até todos os animais que a habitam. De suma importância foi o fato de Buffon segregar a história natural para longe das questões religiosas e resistir, mesmo quando especulava, às soluções que necessitavam de explicações supernaturais ou divinas. Neste aspecto, ele deliberadamente seguiu Isaac Newton. Excluir Deus e o pensamento teológico da história natural constituía um passo necessário para a compreensão científica do mundo.

De todos os assuntos estudados por Buffon, vários se sobressaem hoje por sua relevância. Um é a definição de uma espécie animal como sendo “um grupo que se reproduz entre si próprio”, critério que ele desenvolveu através da experiência, chegando bem perto da definição usada pela biologia evolucionária do século XX. Buffon foi um oponente de CARL LINNAEUS [76], botânico sueco cujo sistema de classificação considerava artificial. O aspecto interessante da Teoria das Espécies de Buffon é que chegou a ela gradualmente, abandonando sua noção nominalista original na qual a natureza seria uma vasta mistura que as pessoas separavam pela colocação de etiquetas.

Outro aspecto do pensamento de Buffon, ainda de interesse hoje, é seu ponto de vista sobre a idade da Terra e suas especulações cosmológicas. Depois de sugerir para a Terra uma idade de 75.000 anos, muito mais do que mencionado nas lendas bíblicas, ele mais tarde especulou (de acordo com seus manuscritos) que 3.000.000 de anos era um número mais razoável. Desenvolveu uma teoria cosmológica de que a Terra teria se formado a partir de um estado gasoso e adicionou uma série de épocas pelas quais a Terra chegara

a seu estado atual. A vida animal apareceu antes de os continentes se formarem, dizia Buffon; e como prova citou os restos fossilizados.

Deve-se ter cautela em classificar Buffon como um dos precursores da geologia ou da biologia modernas. Muito de seu trabalho usava as observações e teorias de outros, e ele não possuía a atenção de Darwin para o detalhe. Mas fez experiências — algumas das quais foram duplicadas recentemente e mostraram claramente suas intenções científicas. Sua influência sobre a ciência e o entendimento popular do poder da ciência foi relevante. Em sua época, escreveu a zoóloga e historiadora Janet Browne, numa avaliação feita recentemente: “Quase todas as pessoas educadas conheciam seu trabalho; quase todos os cientistas naturais e os filósofos sentiam que ele havia mapeado com sucesso o caminho que a procura científica deveria seguir através do século.” Na verdade, sua influência é análoga à de WILLIAM HERSCHEL [27], cujas observações se tornaram obsoletas por outros mais informados, mas cuja influência reside na trajetória histórica da ciência.

Buffon casou-se tarde, em 1752, e tornou-se viúvo 17 anos depois; de sua união com a nobre Marie-Françoise de Saint-Belin nasceram duas crianças: uma delas, um filho homem, perdeu a cabeça na guilhotina. Buffon morreu em 16 de abril de 1788.



Ludwig Boltzmann

& a Termodinâmica

(1844 – 1906)

A Lei da Entropia, como é chamada a Segunda Lei da Termodinâmica, foi descrita por JAMES CLERK MAXWELL [12], como “se uma caneca cheia de água fosse jogada no mar, não se poderia tirar novamente a mesma água da caneca”. Esse fato tem profundas consequências para o mundo físico. A operação de máquinas a vapor e a difusão de gases, bem como os processos químicos e biológicos e mesmo a própria definição de tempo, são esclarecidos pela entropia. Sua descoberta e sua formulação resultaram do trabalho de vários cientistas do século XIX — incluindo Sadi Carnot, Lorde Kelvin, Josiah Gibbs e Rudolf Clausius. Mas talvez o personagem

mais significativo e influente nesse caso, devido a sua visão presciente do papel da entropia na natureza, tenha sido Ludwig Boltzmann, o fundador da mecânica estatística.

Boltzmann, um dos últimos grandes físicos clássicos, concordava com Maxwell, sendo um dos proponentes da nova teoria atômica e sendo também, de acordo com MAX PLANCK [25], “quem percebeu com mais profundidade o significado da entropia”. Ele encontrou, na base molecular da Segunda Lei da Termodinâmica, as implicações macroscópicas e, com seu sistema estatístico, construiu uma ponte crítica até a física do século XX. “Esse desenvolvimento”, escreve Abraham Pais, “um dos grandes avanços da teoria física do século XIX, é devido principalmente a Boltzmann.”

Ludwig Boltzmann nasceu em 20 de fevereiro de 1844, véspera da Quarta-Feira de Cinzas, em Erdberg, um subúrbio de Viena. Seu pai, Ludwig, era coletor de impostos, e sua mãe, Katharina Pauernfeind, nascera em Salzburgo. Ludwig inicialmente teve aulas particulares em casa; menino, passeava pelo campo para colecionar borboletas e besouros. Como seu avô, que fabricava relógios, tornou-se um artesão entusiasmado. Coursou a Universidade de Viena e recebeu o Ph.D. em 1866. O interesse de Boltzmann em eletromagnetismo, em mecânica e em termodinâmica vem de seu tempo de universitário. Com a ajuda de uma gramática e de um dicionário de inglês, estudou a teoria eletromagnética de Maxwell.

Logo no começo da carreira, Boltzmann era bem-visto por seus colegas mais velhos. Em torno de 1870, trabalhou com Robert Bunsen, GUSTAV KIRCHHOFF [57] e com HERMANN VON HELMHOLTZ [63], na Universidade de Berlim. Ensinou na Universidade de Viena, de 1873 até 1876, tornando-se então professor de física experimental na Universidade de Graz, onde depois veio a ser o vice-chanceler. Com a morte de seu professor Joseph Stefan em 1894, Boltzmann ocupou a cadeira de física na Universidade de Viena. Boltzmann foi um conferencista excepcional. O historiador da ciência Gerald Holton escreve sobre ele: “Suas preparações precisas e apresentações cuidadosamente estruturadas, temperadas por seu ótimo humor e humanidade, faziam com que sua sala de aula estivesse sempre repleta de estudantes e de visitantes.”

No século XIX desenvolveu-se o estudo crítico do calor e da

temperatura, conhecido como termodinâmica. Estabeleceu-se que, num sistema físico, a energia conservada — nem criada, nem destruída —, quando o calor, uma forma de energia, se convertesse em movimento, criaria outra forma de energia. Expresso como uma lei da física, esclarecia, depois que existissem, como operavam certas invenções, tais como a máquina a vapor. À Primeira Lei da Termodinâmica adicionou-se uma segunda: qualquer sistema — seja sólido, líquido ou gasoso — tende à desordem máxima. A energia flui somente numa direção: na do equilíbrio térmico. Esse conceito, desenvolvido por várias décadas, começou, em 1824, com o físico francês Nicolas-Léonard Sadi Carnot e foi aperfeiçoado e descrito como entropia, em 1850, pelo alemão Rudolf Clausius. Então, Boltzmann, inspirado pelo trabalho de James Maxwell sobre os gases, introduziu o método estatístico na Segunda Lei da Termodinâmica.

A natureza molecular dos gases foi esclarecida somente, e de forma gradual, no século XIX, antes de a teoria atômica ter sido totalmente estabelecida. A teoria cinética dos gases, de James Maxwell, apresentada em 1860, tinha como meta mostrar que o comportamento geral de um gás era função de seus constituintes invisíveis e microscópicos — as moléculas. Esta teoria, essencialmente, fornecia uma perspectiva newtoniana e mecânica sobre a colisão das moléculas individuais e já era um avanço considerável. Entretanto, Maxwell não explicou o equilíbrio térmico do gás: a tendência, por exemplo, de o ar quente de um radiador se difundir por todo um ambiente.

Em 1866, Boltzmann tentou pela primeira vez discutir o equilíbrio térmico. Anos mais tarde, desenvolveu a “distribuição de Boltzmann”, uma fórmula para calcular a difusão das moléculas de gás e que se tornou uma característica fundamental dos cálculos termodinâmicos. Alternativamente chamada de distribuição de Maxwell-Boltzmann, esse trabalho inicialmente tomou a aparência de um paradoxo, pois, até o ponto em que a distribuição das moléculas de um gás deveria ser newtoniana e mecânica, deveria também ser reversível, do mesmo modo que um motor pode girar ao contrário. Mas é óbvio que um gás de um recipiente, deixado

escapar para a atmosfera, não pode ser colocado de volta, como não pode o gás hélio ser recolhido de um balão que se rompe.

Em 1877, Boltzmann confrontou esta objeção com a prova de que a entropia era basicamente estatística — e isso se tornou conhecido como o “Princípio de Boltzmann”. Ao usar a constante de Boltzmann k , a entropia de um sistema S relaciona-se com a probabilidade W pela fórmula $S = k \log W$. Essa equação famosa descreve a tendência de qualquer gás para atingir, eventualmente, um estado de equilíbrio. Esta seria considerada a expressão mais significativa e sucinta da lei da entropia.

Além de suas contribuições para a teoria cinética do gás, Boltzmann escreveu a respeito de uma série de fenômenos; seus trabalhos incluem artigos sobre matemática, química, física e filosofia. Boltzmann era considerado um bom experimentalista, apesar de ter a desvantagem de enxergar pouco. Suas tendências para o empírico o fizeram um oponente hostil dos pensadores idealistas alemães, tais como Arthur Schopenhauer e G. W. Hegel. Boltzmann apoiou desde logo, e com ardor, as teorias de CHARLES DARWIN [4]; daí se estende uma linha de influência dele para outro vienense, ERWIN SCHRÖDINGER [18], indo até às proposições básicas que levaram à descoberta da estrutura do DNA.

Boltzmann era um atomista que reconhecia, ao mesmo tempo, a possibilidade de um mundo subatômico. E escreveu: “Estamos prontos para deixar a imutabilidade [dos átomos] nos casos em que proposições diferentes representem melhor o fenômeno.” Ele é um dos físicos do século XIX que se sentiria bem confortável no mundo da mecânica quântica, bem como no da biologia. “Biólogos moleculares modernos, tais como Francis Crick e Jacques Monod”, escreve Walter Moore, “teriam se sentido perfeitamente à vontade com Ludwig Boltzmann.”

Entretanto, durante a década de 1890, Boltzmann viu-se forçado a defender a existência dos átomos, e esse conflito, supõe-se, contribuiu para sua morte. Desafiado por pessoas eminentes, como Ernst Mach, a quem detestava, e Wilhelm Ostwald, Boltzmann tomou o partido dos átomos, num debate que foi, em algumas fases, extremamente desagradável e que golpeava o âmago do trabalho de toda uma vida. Mas, Boltzmann tinha problemas de saúde. No final

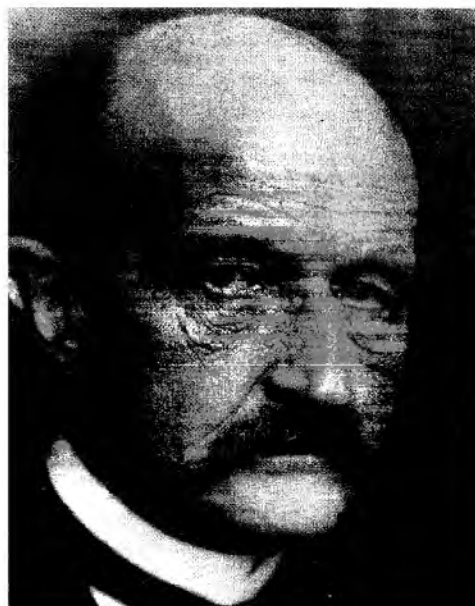
da vida, sofria de asma, enxaquecas e quase perda da visão. E, num memorial hagiográfico, Engelbert Broda escreve: “Apesar do seu grande sucesso no trabalho científico, do seu prazer total com as belezas da natureza e da arte e de seu otimismo e bom humor, ele sofria de depressão.”

Em 1904, Boltzmann visitou os Estados Unidos, onde fez conferências na Feira Mundial de St. Louis, tendo até visitado a Califórnia. Seu artigo humorístico sobre as viagens, feito para a imprensa alemã, intitulava-se *Um Professor Alemão no Eldorado*. De volta à Europa, em 1906, fez uma viagem de férias a Trieste, que naquela época fazia parte do Império austro-húngaro. Em 4 de setembro, enquanto sua mulher e filha se banhavam na bela baía de Duino, Boltzmann aproveitou a ocasião e se enforcou.

Está enterrado no cemitério central de Viena. Em sua lápide de mármore existem um busto esculpido e a equação:

$$S = k \log W.$$

25



Max Planck & os Quanta

(1858 – 1947)

O trabalho de Max Planck iniciou a Teoria Quântica na virada do século XX e com isso mudou para sempre a estrutura fundamental da física. A realização básica de Planck foi tão extraordinária que ele é até classificado junto a ISAAC NEWTON [1] e ALBERT EINSTEIN [2]. Este escreveu que o trabalho de Planck “deu um grande impulso para o progresso da ciência”. Ele é realmente um dos personagens principais na história da física e tem uma imagem curiosamente atraente para os cientistas: ortodoxo por natureza, Planck estava, apesar disso, desejoso de encontrar uma solução radical para um problema que parecia insignificante, mas de importância teórica

decisiva. “Um sólido conservador”, escreveu o físico e historiador Emilio Segrè, “ele sentiu-se obrigado, pela força das evidências fatuais e rigor lógico, a promover uma das grandes revoluções da filosofia natural.”

Max Karl Ernst Ludwig Planck nasceu em 23 de abril de 1858. Seu lugar de nascimento foi a cidade de Kiel, um porto no mar Báltico. Kiel pertencia à Dinamarca, que em 1866 tornou-se parte da Prússia. De ascendência alemã, o pai de Planck era Johann Julius Wilhelm von Planck, um conhecido professor de lei constitucional e que ajudou a escrever o Código Civil da Prússia. Sua mãe era Emma Patzig. Foi educado no Maximilians-Gymnasium de Munique, onde era um aluno excelente, mas não extraordinário. Interessado pela física, entrou para a Universidade de Munique em 1874 e recebeu o Ph.D. em 1879. A tese de doutorado tinha a ver com a Segunda Lei da Termodinâmica e indicava sua fascinação com os problemas fundamentais. A possibilidade de que o mundo exterior fosse algo “absoluto” o desafiava, e ele escreveu: “A busca das leis que se aplicam a esse absoluto me pareceu ser a meta científica mais sublime na vida.” Depois de um período como professor nas universidades de Munique e de Kiel, em 1889, Planck tornou-se professor na Universidade de Berlim. E foi lá, onde permaneceu até 1928, que produziu a maior parte de seu trabalho.

A descoberta do *quantum* relaciona-se com o problema da “radiação do corpo negro”, que intrigava os físicos no final do século XIX — e interessou a Planck justamente por seu significado fundamental. Em 1859, GUSTAV KIRCHHOFF [57] descobriu que a quantidade de calor irradiado por qualquer objeto dependia somente da temperatura e do comprimento de onda e *não* da natureza do próprio objeto. Portanto, o que atuava era uma função universal. Ao examinarem a maneira como um “corpo negro” emitia radiação, os físicos chegaram a um resultado desconcertante. Pela lei clássica, a radiação, proveniente de algo que absorvesse toda a energia, *deveria* também expedir calor e luz em quantidades infinitas, com a maior intensidade concentrada nos comprimentos de onda ultravioleta, mais curtos e invisíveis. Mas as experiências mostravam que isso não acontecia.

A luz emitida de uma cavidade aquecida — por exemplo, uma fornalha — fornece uma gama espectral de cores, do amarelo forte

ao vermelho, ao azul-claro e ao mais quente, o “calor branco”. A física clássica não conseguia prever esse espectro. Chamado algumas vezes de “catástrofe ultravioleta” devido à grande disparidade entre as previsões e as experiências nos comprimentos de onda mais curtos, o problema da radiação do corpo negro não era um assunto menor na física do século XIX. Constituíam um desafio à Primeira Lei da Termodinâmica, que descreve o calor como uma forma de energia e diz que, do mesmo modo que a energia mecânica, a energia térmica se conserva, não sendo nem criada, nem destruída.

Depois de várias partidas falsas, a partir de 1897, Planck conseguiu encontrar uma fórmula para prever a radiação do corpo negro. Ele abandonou, radicalmente, a noção clássica fundamental de que a luz e o calor seriam emitidos num fluxo constante de energia. Na verdade, a energia é irradiada em unidades discretas ou pacotes. Planck descobriu uma nova constante universal que poderia ser usada para calcular o espectro observado. Apesar de a matemática de Planck estar com sua base solidamente apoiada na teoria física, a “constante de Planck”, como esse número passou a ser conhecido, resultava de um intenso esforço e de um “palpite de sorte”. Planck chamou de “um *quantum* elementar de ação” um número muito pequeno, h — representando uma pequeníssima quantidade de energia, multiplicada por uma quantidade infinitesimal de tempo. Este permitia que as equações teóricas se enquadrassem com a gama observada dos fenômenos espectrais. Efetivamente, o conjunto de vibrações numa cavidade aquecida irradia calor somente em alguns níveis determinados de energia, da qual o *quantum* é a menor unidade. Não existe *quantum* fracionário — não existe um $h/2$, por exemplo. Planck publicou seu primeiro artigo sobre o *quantum* em dezembro de 1900, inaugurando a física quântica.

O significado da constante de Planck se provou fundamental quando foi generalizada como a lei da radiação do corpo negro. Apesar de violar a física clássica e aturdir os físicos, foi aceita por se enquadrar nos resultados experimentais. Em 1905, então Einstein usou o *quantum* como ferramenta teórica para explicar o efeito fotoelétrico, mostrando como a luz pode, algumas vezes, se comportar como um fluxo de partículas. E não muito depois, em 1913,

NIELS BOHR [3] aproveitou as implicações mais gerais do sistema de Planck para desenvolver seu modelo do átomo. Em lugar de aplicar os princípios clássicos que concebiam o átomo como se fosse um sistema solar em miniatura, o modelo do átomo segundo Bohr seria agora visto como um sistema no qual os elétrons operavam somente em órbitas com certos valores, quantificadas usando a constante de Planck.

Em 1919, Planck ganhou o Prêmio Nobel de Física, já sendo naquela época um personagem proeminente. Deve ser adicionado que ele nunca se reconciliou completamente com as implicações da Teoria Quântica — especialmente com o princípio da incerteza e com as limitações de casualidade introduzida na década de 1920. Esses novos conceitos, que causavam mudanças estruturais no modo de pensar dos físicos com relação a assuntos fundamentais, foram difíceis de aceitar, por ele e por muitos outros, incluindo Einstein. Planck era, como Abraham Pais o chamou, “um personagem de transição, *par excellence*”. Em 1928, deixou a Universidade de Berlim e, dois anos mais tarde, tornou-se presidente da Sociedade Kaiser Wilhelm. Apesar de a sociedade ter seu nome mudado mais tarde para o dele, em sua homenagem, foi forçado a sair, durante a época hitleriana, quando ficou em grande perigo por criticar os nazistas. Durante a década de 1930, publicou várias obras, como os livros *Introdução à Física Teórica*, em cinco volumes, e *A Filosofia da Física*.

Planck era um excelente músico e, algumas vezes, foi acompanhado ao violino por Einstein. Sua vida não foi livre de tragédias; com a primeira mulher, Marga von Hoesslin, Planck teve quatro filhos. Perdeu duas filhas logo depois do casamento, ambas devido a complicações durante o parto, e um de seus filhos foi morto durante a Primeira Guerra Mundial. O outro filho chegou à idade adulta; mas, envolvido no complô fracassado para matar Hitler, foi executado. No final da Segunda Guerra Mundial, a casa de Planck e virtualmente todos seus documentos foram destruídos pelo bombardeio dos aliados. Muito religioso, acreditou até o fim da vida num Senhor benevolente. Sua segunda mulher, com quem se casou em 1911, era sobrinha de sua primeira mulher. Planck morreu em 4 de outubro de 1947, pouco antes de seu 90º aniversário.

26



Marie Curie & a Radioatividade

(1867 – 1934)

Em 1898, Marie Curie, junto com seu marido Pierre, isolou dois novos elementos, aos quais chamou de rádio e de polônio, partindo de um mineral conhecido como uraninita, encontrado em várias regiões da Terra. Ela reconheceu que as propriedades inusitadas — emissão espontânea de luz e a capacidade de invadir outras substâncias — deviam-se a reações atômicas e não a um processo químico. Essa descoberta, que abriu o caminho para a Teoria da Decomposição Radioativa, apareceu juntamente com as novas descobertas sobre a natureza do átomo e sobre o eletromagnetismo — o elétron fora descoberto alguns anos antes — e se constituiu de fundamental

importância para a física nuclear. Madame Curie era, para citar Abraham Pais, “uma personalidade com forte direcionamento e provavelmente obsessiva, e que deve ser lembrada como a principal iniciadora da radioquímica”.

Marie Curie nasceu como Marya Sklodowska, em Varsóvia, em 7 de novembro de 1867, a mais moça dos cinco filhos de Wladyslaw e Bronislawa Sklodowski. Seu pai, que pertencia a uma classe social alta, mas em declínio, era professor de física; sua mãe, diretora de um internato, morreu de tuberculose, quando Marie tinha 10 anos de idade. A doença respiratória havia feito com que Bronislawa ficasse muito cautelosa com as demonstrações de afeto a seus filhos e assim não surpreende que Marie tenha se tornado uma estóica na maneira de ser e fisicamente distante, como sua mãe. A morte de Bronislawa, uma católica devota, causou em Marie uma profunda depressão, fazendo com que se voltasse contra a religião. Tornou-se atéia ao longo de toda sua vida.

A educação de Marie Curie é uma história de determinação e triunfo sobre todos os tipos de adversidade. A Polônia não era uma nação independente e sim uma província da Rússia, que procurava apagar a cultura polonesa. Marie Curie, crescendo nessa época, não cursou satisfatoriamente o ginásio, além de ter recusado o acesso a uma educação superior, apesar de possuir um excelente nível acadêmico. Como resultado, depois de se formar no ginásio em 1883, associou-se à Universidade Flutuante, que era feminista, clandestina e subversiva. Em 1886, com 18 anos de idade, começou a trabalhar como governanta, parte de um trato que fez com sua irmã Bronia, para poder completar a educação delas em Paris. Em 1891, foi para a França, obtendo uma matrícula na Universidade de Paris e tornando-se a primeira mulher a obter um título em física pela Sorbonne. Formada — *magna cum laude* — em 1893, obteve também um título em matemática, um ano depois. Naturalmente tímida e num país novo, não se esforçou para fazer amizade com outros estudantes, mas mesmo assim conseguiu atrair a atenção deles. Quando um enamorado, que desejava um relacionamento, tomou láudano para demonstrar sua afeição por ela, Marie comentou secamente que as prioridades dele não estavam bem ordenadas.

Embora sua ambição original fosse a volta para a Polônia após completar os estudos, uma breve viagem para casa em 1894 convenceu Marie da inutilidade de uma repatriação com a finalidade de tentar melhorar seu país. Decidiu, então, ficar na França. Ela já conhecia Pierre Curie, oito anos mais velho, que chefiava o laboratório da École de Physique et Chimie. “Começamos a conversar, e a conversa foi se tornando amigável...”, escreveu Marie, anos mais tarde. “Havia, entre seus conceitos e os meus, apesar da diferença entre nossos países de origem, uma identidade surpreendente...” Casaram-se em 1895, numa cerimônia secular — não trocaram alianças — e, como lua-de-mel, fizeram uma viagem de bicicleta pela região campestre francesa.

Quando se casou com Marie, Pierre Curie era um químico bem conceituado, embora recebesse uma remuneração muito baixa. Em 1880, com seu irmão Joseph, havia descoberto o efeito piezoelétrico (a capacidade de um cristal de produzir eletricidade quando submetido a pressão) e também estudado o magnetismo. Sua monografia de doutorado, sobre *As Propriedades Magnéticas dos Corpos a Diferentes Temperaturas*, foi uma contribuição importante. Era admirado por lorde Kelvin e devotado a seu trabalho de pesquisa. De muitas maneiras, possuía um caráter admirável, mas parecia cego à ambição. Marie escreveu mais tarde: “Não se podia discutir com ele porque não conseguia ficar irritado.” Após o casamento, viveram em Paris, na Rua de la Glacière, num apartamento pouco mobiliado, pois Marie não gostava de cuidar da casa.

A descoberta do raio X por Wilhelm Röntgen, em 1895, e a investigação das misteriosas propriedades do urânio, por Henri Becquerel logo depois, afetaram dramaticamente tanto a trajetória da física, quanto a vida de Marie Curie. Em 1897, escolheu os raios de Becquerel como tema de sua tese de doutorado. Iniciou a caracterização das propriedades do urânio e testou uma quantidade de minerais que o continham. Uma amostra de uraninita, uma substância que já era extraída, por mais de um século, da região de Joachimsthal, na Alemanha, provou surpreendentemente ser muito mais ativa do que o urânio de Becquerel. Quando Curie descobriu que o elemento tório também era radioativo, o mistério aumentou. O primeiro relatório de Marie sobre a pesquisa foi publicado em

abril de 1898; em outro artigo, publicado em julho, os Curie relataram a descoberta de uma substância que propunham fosse chamada de polônio. Os raios de Becquerel pareciam ser mais do que uma curiosidade manifestada por poucas substâncias; faziam parte de um fenômeno mais difundido na Natureza. Os Curie propuseram que fosse chamado de *radioatividade*.

O trabalho dos Curie para extrair o novo elemento rádio, até então não identificado, da uraninita, tornou-se uma parte da lenda científica. Trabalhando dia e noite numa cabana cheia de goteiras, Marie escreveu, mais tarde, que ela e Pierre estavam “extremamente prejudicados pelas condições inadequadas, pela falta de um lugar decente para trabalhar, pela falta de dinheiro e de pessoal”. Apesar disso, e do trabalho exaustivo, “caminhávamos para cima e para baixo falando sobre nosso trabalho, presente e futuro. Quando estávamos com frio, uma xícara de chá quente, tomado junto ao aquecedor, era suficiente para nos animar. Vivíamos numa preocupação tão completa quanto aquela de um sonho”.

Em 1900, os Curie recapitularam seu trabalho num artigo apresentado no Congresso Internacional de Física. Terminaram perguntando a questão mais importante da radioatividade: “Qual é a fonte da energia emitida pelos raios de Becquerel? Vem de dentro dos corpos radioativos ou de fora?” A forma de energia, emitida espontaneamente pelo urânio, mesmo no vácuo, parecia surgir de alguma *atividade no interior dos próprios átomos*; e não se tratava de uma reação química. Esta foi a percepção fundamental de Marie Curie e, devido a este fato, ela adquiriu notoriedade e respeito entre os cientistas. “A partir dessa hipótese nua”, escreve uma de suas biógrafas, Rosalyn Pflaum, “os mistérios da estrutura do átomo seriam expostos enquanto o século XX se iniciava”.

Por seu trabalho, os Curie ganharam o Prêmio Nobel de 1903, que compartilharam com Henri Becquerel. É certamente um crédito para Pierre, o intenso esforço que fez em favor de sua mulher, pois somente ele fora considerado como candidato ao prêmio. Marido e mulher ficaram inicialmente famosos da noite para o dia, porém três anos mais tarde, em 1906, Pierre morreu num acidente na Pont Neuf, em Paris. Numa tarde chuvosa, atropelado por um Percheron muito novo, teve seu crânio esmagado quando a roda traseira

esquerda da carroça puxada pelo cavalo passou sobre sua cabeça. Profundamente sentida, Marie, apesar disso, ocupou o cargo de professor, antes pertencente a Pierre, na Sorbonne, tornando-se também a primeira mulher professora daquela universidade. Sua aula inicial, dada numa tarde após uma visita ao túmulo de Pierre, foi, para ela, uma grande tortura pessoal.

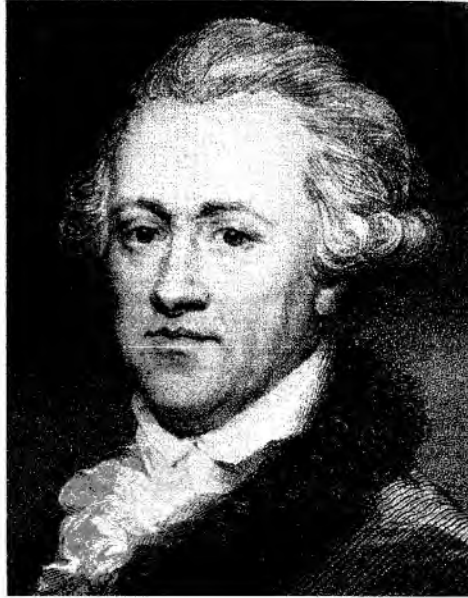
Em 1911, Marie foi acusada, na imprensa, de manter um caso adúltero com Paul Langevin, um cientista que trabalhava no laboratório dos Curie e que, de modo geral, compartilhava de suas posições políticas e sociais. O escândalo que se seguiu, aumentado devido à reputação, ao sexo, ao ponto de vista esquerdista e aos antecedentes polono-judaicos dela, teve uma ressonância acompanhada das censuras clássicas de reação social, incluindo o surgimento de um ânimo contrário à ciência em geral. Logo depois — e talvez até parcialmente como uma recompensa — Marie Curie ganhou um segundo Prêmio Nobel em química. Na conferência feita na entrega do prêmio, ela claramente afirmou sua prioridade de descoberta. “A história da descoberta e a separação dessa substância provam a hipótese feita por mim”, ela afirmou, “de acordo com a qual a *radioatividade é uma propriedade atômica da matéria e pode fornecer um método para encontrar novos elementos.*” Ela sozinha, disse, havia feito o trabalho de isolar o rádio.

Durante a Primeira Guerra Mundial, que dizimou toda uma geração de jovens franceses, Marie Curie foi muito ativa e patriótica. Organizou o uso de raio X para intervenções médicas e cirúrgicas, instalando postos radiológicos móveis e permanentes e treinando técnicos. Depois da Guerra, fundou o Instituto do Rádio de Paris e obteve alta proeminência na ciência francesa. Foi incrivelmente adulada quando visitou os Estados Unidos em 1921 e, novamente, oito anos depois. Em 1911, sua entrada na Academia de Ciências foi obstada, mas em 1922 tornou-se a primeira mulher eleita para a Academia Francesa de Medicina. E, no ano seguinte, recebeu do Parlamento francês uma pensão vitalícia.

Os perigos da radiação não eram conhecidos quando os Curie iniciaram suas pesquisas e, em meio à absoluta surpresa, não tiveram cuidado com os novos elementos que descobriram. Pierre carregava um tubo de ensaio com uma solução de rádio, em seu bolso, e teve

queimaduras de contato que, notou, cicatrizavam muito lentamente. Marie mantinha substâncias radioativas brilhando no criado mudo. Ambos apresentaram sintomas do que hoje se chama de doença da radiação, e mais tarde Marie sofreu com problemas de saúde, os quais mantinha em segredo. Seus livros de notas de laboratório ainda hoje são altamente radioativos.

Marie Curie mantinha um relacionamento profundo com suas duas filhas, Eve e Irène; era uma mãe perceptiva, envolvida, mas pouco demonstrativa. Irène tornou-se uma física muito bem conceituada e casou-se com Jean Frédéric Joliot e, em 1935, os Joliot-Curie ganharam o Prêmio Nobel de Física, por sua descoberta da radioatividade artificial. Eve tomou conta da mãe durante sua doença final e escreveu uma memória, carinhosa e amorosa: *Madame Curie*. Em 4 de julho de 1934, Marie Curie morreu de leucemia, ligada ao envenenamento radioativo. Está enterrada no mesmo túmulo que Pierre, no cemitério de Sceaux.



William Herschel & a Descoberta do Firmamento

(1738 – 1822)

Do final do século XVIII até o começo do século XIX, William Herschel explorou e catalogou o firmamento com a mesma paciência sistemática com a qual o COMTE DE BUFFON [23] estudou as plantas e os animais e CHARLES LYELL [28] investigou as formações rochosas da Terra. Ao construir os maiores telescópios jamais utilizados para examinar o céu, Herschel é lembrado como o fundador da astronomia sideral. Além disso, estudou os planetas, descobriu Urano e também duas de suas luas, e examinou os anéis de Saturno. Herschel foi o primeiro cientista a descrever completamente a Via-Láctea, que ele comparou, em aspecto, a uma metade de pão

numa forma de disco que se movia em turbilhão. Apesar de o valor dessa grande generalização ser hoje reduzido, devido aos limitados recursos técnicos que possuía, Herschel conseguiu ser, sem dúvida, o primeiro astrônomo moderno.

Friedrick William Herschel nasceu numa família humilde do eleitorado de Hanôver, em 15 de novembro de 1738, filho de Isaac e Anna Herschel. Foi treinado a tocar violino e oboé e, em 1753, juntou-se ao pai, como membro da banda regimental dos guardas hanoverianos, depois de receber uma educação bem rudimentar. Durante uma batalha na Guerra dos Sete Anos, a conselho do pai, fugiu irrefletidamente do campo de batalha. Esse fato, mais tarde, deu origem a rumores de que era um desertor. Na verdade, tecnicamente, nem soldado havia sido. Em 1757, mudou-se para a Inglaterra (na época, aliada de Frederico, o Grande) com um de seus irmãos, Jacob, e lá ficou pelo resto da vida. Quando se naturalizou, em 1793, tomou o nome único de William, pelo qual é hoje conhecido.

Com certeza, muito antes de se tornar um astrônomo, Herschel ficava intrigado tanto com o céu noturno quanto com as implicações filosóficas das descobertas da ciência do século XVIII. Em sendo músico, ficou a impressão de que as harmonias do universo o teriam atraído, como haviam atraído JOHANNES KEPLER [9]. Na juventude, conforme anotações em seus diários, é verdade que Herschel passava longas noites olhando para as estrelas com seu pai, que era, também, em outros assuntos, seu mentor e modelo.

A dedicação total de Herschel à astronomia não se deu antes dos seus 35 anos de idade. Depois de sua chegada na Inglaterra, obteve sucesso durante muitos anos, ensinando e se dedicando à música; em 1766 tornou-se organista da Capela Octogonal, em Bath, mas já em 1773 começou a construir e a comprar telescópios e instrumentos correlatos, e logo transformou sua casa numa oficina. Sua irmã, Caroline, a quem ele se sentia extremamente ligado, anotou: Uma vez, quando William estava polindo um espelho para um telescópio, “eu fui obrigada a alimentá-lo, colocando a comida, aos poucos, em sua boca”. Seu primeiro telescópio alcançava uma distância focal de seis pés; no final, fez um que tinha 40 pés de comprimento, que, por ser muito difícil de manusear, não conseguiu



Nebulosa espiral.

ser um sucesso total. Desde 1774, Herschel começou a dedicar todas as noites à observação do firmamento. Apresentou seus primeiros trabalhos escritos para a Real Sociedade, incluindo um, em 1780, que discorria sobre as montanhas da Lua.

No dia 13 de março de 1781, Herschel observou um ponto no céu que não tinha as características de uma estrela. Acreditou, a princípio, ser um cometa, mas, com o passar do tempo, os movimentos lentos e a trajetória orbital indicavam claramente tratar-se de um planeta. O objeto não era estranho aos astrônomos, mas ninguém antes de Herschel havia reconhecido sua verdadeira natureza. Herschel, assim, descobriu o primeiro planeta novo, desde os tempos da Antigüidade. Hoje, este planeta é conhecido como Urano, apesar de originalmente ter sido chamado por Herschel de *Georgium Sidus*, em homenagem ao rei George III, o monarca britânico que, no mesmo ano, na Terra, perdeu suas colônias na América do Norte. Alguns meses depois, Herschel viu-se eleito para a Real Sociedade e em 1782 foi nomeado pelo rei como Astrônomo Real. Herschel tornou-se mundialmente famoso, não mais precisando trabalhar para seu sustento; iniciou então um período de pesquisa altamente produtivo.

A gama do trabalho de Herschel e sua prodigiosa produção confirmam seu *status* de fundador da astronomia estelar. Ao continuar o estudo sistemático e seu catálogo, publicou listas de estrelas duplas e múltiplas em 1783. Na mesma época, começou um programa de 20 anos de pesquisa de nebulosas, publicando seu primeiro catálogo em 1786 e, depois, localizando cerca de 2.500 dessas nebulosas. Apesar

de rigidamente limitado pelas condições técnicas, Herschel desenvolveu uma versão primitiva da Teoria da Origem dos Corpos Celestes. Concluiu que as estrelas, antes espalhadas, foram gradualmente se concentrando pela força de atração para formar grupos de maior densidade, chegando aos aglomerados de estrelas e às nebulosas. A hipótese de Herschel foi discutida nos livros e textos de astronomia durante todo o século XIX.

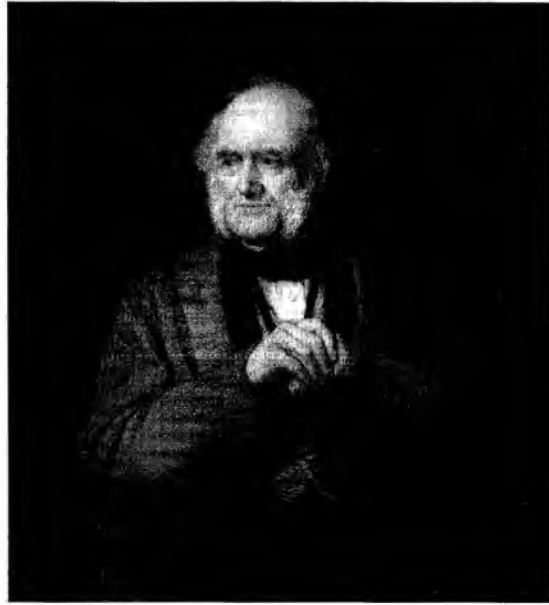
Relacionado ao trabalho de Herschel de catalogar o firmamento existiu um outro esforço a longo prazo: tentar apreender sua estrutura geral. Em 1784, Herschel também começou a estudar sistematicamente a forma da Via-Láctea. Anteriormente, Galileo havia demonstrado que esta se constituía de um grande número de estrelas, e a especulação era considerar se a Via-Láctea, como um todo, seria de certo modo igual ao sistema solar de Copérnico, em órbita em torno de um centro. No livro *Sobre a Construção do Firmamento*, Herschel apresentou uma descrição mais ou menos correta da forma de “pedra de amolar” da Via-Láctea, que dava suporte às especulações do filósofo alemão Immanuel Kant. Apesar de originalmente acreditar que as estrelas estavam equilibradamente distribuídas nos céus, eventualmente concluiu “que este agregado estelar imenso não é, de forma alguma, uniforme”. Cada vez mais consciente da complexidade do firmamento, Herschel mostrou uma tendência moderna para modificar as bases que assumia, quando as observações não as confirmavam.

Além de suas grandes contribuições na área da astronomia sideral, Herschel também contribuiu para o estudo do sistema solar para a real conceituação da natureza da radiação do Sol. Ao usar um micrômetro, calculou a altura das montanhas da Lua (que ele achava ser habitada). Suas observações incluem estudos dos planetas conhecidos: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno e também Urano. Ao utilizar um vidro colorido para olhar o Sol, Herschel notou que a sensação de calor não se correlacionava à luz visível. Isso o levou a fazer experiências empregando termômetros e prismas para corretamente fazer a hipótese da existência de ondas de calor infravermelhas invisíveis.

Durante toda sua carreira, Herschel teve a ajuda da irmã Caroline, que veio morar com ele em 1772 e com ele foi para Slough,

perto de Londres, em 1786. Ajudou-o de muitas maneiras, fazendo cálculos difíceis e descobrindo, ela própria, algumas nebulosas e também oito cometas. Quando William se casou em 1788 com Mary Pitt, viúva de um de seus amigos, Caroline ficou extremamente deprimida durante um certo tempo, mas se conformou em repartir a afeição do irmão. Viveu muitos anos depois da morte de William. Morreu em 1848, com a idade de 98 anos. Em 1846, o rei da Prússia lhe concedeu a medalha de ouro da ciência.

William Herschel acumulou muitas honras até o fim da vida, incluindo o título de cavaleiro. O “Príncipe da Astronomia”, como era às vezes chamado, morreu com 84 anos, em 25 de agosto de 1822. Seu único filho com Mary Pitt continuou os trabalhos do pai e também se tornou um astrônomo e homem de ciência conhecido — o famoso sir John Herschel.



Charles Lyell & a Geologia Moderna

(1797 – 1875)

Já na Renascença, nova atenção foi dedicada às formações geológicas. O próprio Leonardo da Vinci estava certo de que as conchas fósseis encontradas na Itália estavam lá porque os oceanos haviam, em alguma época, coberto aquela região. Mas, somente com o início da Revolução Industrial, emergiu uma motivação clara para entender cientificamente — e explorar — a própria substância da Terra. Assim, a idade dourada da geologia é comumente datada de 1780 a 1840, e o personagem mais proeminente é o cientista britânico Charles Lyell, cuja revolução no modo de pensar sobre a estrutura e a formação da Terra, e dos seus contornos físicos, pressagiou a

Teoria da Evolução de CHARLES DARWIN [4]. Na realidade, os dois eram amigos, com mútua influência. “A Lyell deve ser concedida a firme distinção”, escreve Loren Eiseley, “não só de ter alterado a direção do pensamento geológico, mas também de ter sido a maior influência individual na vida de Charles Darwin.”

Nascido na propriedade da família, em Kinnordy, condado de Angus, na Escócia, em 14 de novembro de 1797, Charles Lyell tinha mãe inglesa e pai escocês. Charles Lyell Sr., formado pela Universidade de Cambridge e tradutor de Dante, colecionava plantas raras, como botânico amador (a planta *Lyellia* ganhou o nome em sua homenagem). O jovem Charles cursou as escolas particulares locais e, com mais ou menos 10 anos, durante uma doença, começou a colecionar insetos, o que veio a se tornar um passatempo constante. Em 1816, começou a cursar o Exeter College na Universidade de Oxford, onde se interessou pelos temas científicos e entrou para a Sociedade de Geologia. Estudou advocacia, mas, sem grande motivação financeira para exercê-la, logo deixou a profissão e, com a aprovação paterna, voltou-se para a geologia.

Na metade da década de 1820, Lyell estava profundamente engajado na pesquisa geológica. Havia escrito um artigo sobre a formação da pedra calcária em 1822 e andado pela França em 1823, fazendo estudos sobre as rochas nas regiões de Aix-en-Provence e do Auvergne. No ano seguinte, viajou pela Escócia com seu professor William Buckland. Durante essa fase inicial da carreira, Lyell era seguidor de Buckland, que tentou provar a verdade literal da criação bíblica, em seu livro de 1823, *Reliquiae Diluvianae*.

No início do século XIX, o pensamento geológico estivera dominado pelas idéias ligadas a muitas versões de catastrofismo, que afirmavam que a estrutura física da Terra havia se originado através de enchentes ou pelo fogo. De acordo com um ponto de vista, o dos netunistas — dirigidos por um alemão, Abraham Gottlob Werner —, a Terra havia sido formada quando todo o planeta estava submerso. Essa teoria, que previa oceanos turbulentos e com rodadoiros tão profundos quanto as montanhas mais altas, dava considerável atenção aos vários lençóis de rocha, sendo, nesse sentido, uma contribuição importante. Mas deixou de ver a origem

ígneas de algumas rochas; durante anos, Werner e seus netunistas tiveram severos debates com os vulcanistas, que davam maior importância ao significado formativo dos vulcões. Em 1785, James Hutton havia proposto a Teoria do Uniformismo, que imaginava criação e destruição constantes (“nenhum vestígio de um começo”, ele escreveu — “e nenhuma possibilidade de um fim”). Mas seu ponto de vista não foi bem aceito, e o catastrofismo continuou a dominar o pensamento geológico.

No final da década de 1820, entretanto, Lyell estava trabalhando em sua obra principal, *Os Princípios da Geologia*, publicada em três volumes, entre 1830 e 1833, que se tornou, de todos os textos até então escritos, o de maior importância sobre o assunto.

Do mesmo modo que ANDREAS VESALIUS [21], na anatomia humana, ou ANTOINE LAVOISIER [8], na química, Lyell estava bem ciente da importância de sua nova síntese. Colocava-se como o criador de uma nova ciência. “Não pode ser criada, sem dificuldades, com princípios sólidos”, ele escreveu a seu editor, “sem que se faça guerra às muitas idéias preconcebidas, das quais o público não se separará facilmente. Para fazer isso com honestidade e sem entrar numa luta, vai haver necessidade de ser muito sagaz.” Em lugar de acirradas discussões, Lyell colocou a ordem e a autoridade. Sua introdução histórica ao assunto foi o que um escritor chamou de “propaganda feita por um mestre” e que “frutificou por mais de um século”. Revisados continuamente, os *Princípios* tiveram 11 edições publicadas durante a vida de Lyell.

A tese principal de Lyell é a do gradualismo, a idéia de que a história da Terra foi uma “sucessão ininterrupta de eventos físicos, governados pelas leis em vigência atualmente”. Desde o começo da obra *Princípios*, Lyell ordena um corte na geologia, fazendo uma separação das teorias bíblicas e dando um relato histórico dos vários mitos da criação. Também fornece uma história da geologia totalmente pesquisada até o século XIX. Ao examinar os arquivos fósseis, quando existentes, Lyell faz uma série de afirmações que não podem ser aceitas hoje. Mas, no terceiro volume, apresenta um esquema do tempo geológico, até mesmo com alguma nomenclatura — eoceno, mioceno e plioceno — que ainda é usada, e, assim, veio a ser conhecido como um dos pais da ciência da estratigrafia.

Lyell teve uma influência fundamental sobre Charles Darwin, além de ser um de seus mentores e amigos. O primeiro volume de *Princípios da Geologia* foi publicado um ano antes que o jovem Darwin embarcasse no *Beagle*; durante a viagem, não só ele estudou amplamente o livro de Lyell, mas confirmou as idéias nele contidas através da observação. Quando voltou à Inglaterra, os dois se tornaram amigos íntimos, e Darwin dedicou seu *Diário do Beagle* a Lyell.

É óbvio que Darwin ficou muito impressionado com a posição básica de Lyell, segundo a qual a atual geologia desenvolveu-se com o passar do tempo, como resultado das forças normais que ainda estão em ação. De sua parte, Lyell aceitou a seleção natural, mas, no princípio, não queria acompanhar Darwin no que diz respeito às noções da descendência humana. Acabou por fazê-lo, escrevendo o livro *A Antigüidade do Homem* (1863), apesar de a profundidade de sua conversão à teoria da descendência não ficar muito esclarecida.

Lyell não gostava de provocar controvérsia, especialmente em seus últimos anos de vida. Tornou-se cavaleiro em 1848 e baronete em 1864. Em religião, um deísta. Tinha um bom gênio e modos educados, estando sempre à vontade nos círculos políticos. Seu casamento, em 1832, com Mary Horner, levou a um cruzeiro geológico no Reno e depois a seis filhas. Lyell era um grande viajante e o típico aventureiro britânico. Visitou os Estados Unidos duas vezes, a primeira em 1841; depois, escreveu o livro *Viagens na América do Norte*. Morreu em 22 de fevereiro de 1875, enquanto trabalhava na décima segunda edição de *Princípios da Geologia* — apesar de já estar cego.



Pierre Simon de Laplace & a Mecânica Newtoniana

(1749 – 1827)

A aplicação da matemática aos problemas da física tornou-se a tarefa principal do século, após ISAAC NEWTON [1]. O trabalho deste foi mais amplificado e mais elaborado por uma série de pensadores matemáticos brilhantes; entre eles, o personagem central foi o francês Pierre Simon de Laplace. Devido às contribuições feitas para a mecânica celeste, a hipótese de Laplace, relativa à origem do sistema solar, é ainda citada nos dias de hoje como a precursora da teoria dos “buracos negros”. Pierre Simon, de forte personalidade, originou a chamada escola de Laplace, que gerou grande e imediata influência. “A era de Laplace testemunhou o estabelecimento defi-

nitivo da física matemática como disciplina”, escreve Robert Fox, “com as técnicas da matemática sendo usadas para dar um efeito sem precedentes na elaboração de teorias que podiam, então, ser colocadas sob o controle das experiências.” Morris Kline indica Laplace simplesmente como “o maior cientista do período compreendido entre o final do século XVIII e o início do século XIX”.

Filho de um fazendeiro com algumas posses, Laplace nasceu em 23 de março de 1749, em Beaumont-en-Auge, na região de Calvados, conhecida pelo queijo Camembert e pela aguardente de maçã. Um dos seus tios, padre, reconheceu o talento excepcional de Laplace em matemática, enquanto este cursava a escola militar local. Aos 16 anos, começou a estudar na Universidade de Caen. Dois anos mais tarde, viajou para Paris com o objetivo de encontrar o grande filósofo e matemático Jean Le Rond d'Alembert. Em não obtendo uma audiência, apesar das cartas de recomendação que levava, conseguiu atrair a atenção de d'Alembert, enviando um trabalho sobre os princípios da mecânica. D'Alembert imediatamente reconheceu o gênio de Laplace e logo arranhou para que ele se tornasse professor de matemática na École Militaire.

Em 1773, lendo um artigo diante da Academia de Ciências, Laplace afirmou a estabilidade do sistema solar. Apesar de Newton já haver conseguido deduzir matematicamente as leis dos movimentos planetários que JOHANNES KEPLER [9] havia formulado, ainda faltavam alguns problemas a serem resolvidos. As órbitas dos planetas em volta do Sol são elípticas, mas não precisamente as mesmas, ano após ano. A estabilidade do firmamento e mesmo a Lei da Gravidade foram questionadas, em épocas diferentes, por personagens eminentes, tais como Leibnitz e LEONHARD EULER [35]. Laplace demonstrou que as perturbações entre os planetas não mudariam as suas distâncias do Sol, mesmo em milhares de anos. Embora essa teoria tenha sido modificada nos últimos dois séculos, John North comenta que “o esqueleto da análise (de Laplace) permanece, como um testemunho impressionante das realizações dos sucessores de Newton, no século posterior à sua morte”.

Na verdade, durante a década seguinte, depois da análise inicial em 1783, Laplace e o matemático Joseph Lagrange contribuíram com uma série enorme de artigos sobre o movimento planetário.

Esclareceram as discrepâncias dos movimentos orbitais de Júpiter e de Saturno, mostraram como a Lua se acelera em função da órbita terrestre e introduziram um cálculo novo para determinar o movimento dos corpos celestiais. Em 1784, com a *Théorie du Mouvement et de la Figure Elliptique des Planètes*, Laplace também apresentou um novo método para calcular as órbitas planetárias, levando a tabelas astronômicas de alta precisão. Além disso, introduziu em 1785 uma bela equação de campo sobre os harmônicos esféricos, que leva seu nome e que se descobriu ser aplicável a muitos fenômenos, como à gravidade e à propagação do som, da luz, do calor, da água, da eletricidade e do magnetismo.

Durante a década de 1780, Laplace também desenvolveu a cosmologia. Sugeriu que o Sol criou os planetas ao ejetar, com o movimento de rotação, anéis sucessivos de matéria gasosa que vinham a se tornar esferas sólidas. A hipótese de Laplace, ou a hipótese nebular, caracterizava-se razoavelmente newtoniana; e também seria comum nos livros de astronomia do século XIX, permanecendo como parte de uma hipótese mais ampla, até os dias de hoje. Ainda mais impressionante, do ponto de vista da precisão, foi a sugestão de Laplace de que “a força de atração de um corpo celeste poderia ser tão forte que a luz não teria como escapar dele”. Apesar de não ser o único a ter essa idéia, baseada na teoria de Newton sobre a luz em partículas, essa antecipação da teoria contemporânea dos “buracos negros” é impressionante. Laplace incluiu essa teoria na primeira edição de seu livro-texto *Exposition du Système du Monde*, publicado pela primeira vez em 1796; a idéia foi retirada das revisões finais do trabalho por razões desconhecidas.

Em 1799, Laplace começou a publicação de *Mécanique céleste*, que apareceu em cinco grossos volumes, publicados durante o quarto de século seguinte. Este trabalho consolidou sua fama, embora o mesmo fosse de grande complexidade matemática. Iniciando no ano de 1829, Nathaniel Bowditch, capitão de navio, atuário e astrônomo matemático, traduziu e fez anotações completas nos primeiros quatro volumes. Laplace gostava de encurtar as explicações, escrevendo, “é fácil ver que...”. Diz Bowditch que nunca encontrou essa expressão, “sem ter a certeza de que terei horas de muito trabalho para poder preencher o abismo”.

Laplace também se engajou num influente estudo da probabilidade, publicando *Théorie Analytique des Probabilités*, em 1812, após muitos anos de trabalho. Em resumo, a obra fornece uma análise matemática precisa da idéia de ser a probabilidade uma função das possibilidades favoráveis, contra todas as possibilidades, e as aplica aos problemas de física. Introduz até a noção de correlação, que receberia um tratamento mais extenso nos trabalhos de FRANCIS GALTON [94]. Conquanto CHRISTIAAN HUYGENS [40] haja sido o primeiro a tocar nesse assunto, durante o século XVII, e outros matemáticos tenham contribuído para o entendimento da freqüência do resultado, a teoria clássica da probabilidade tem seu ápice com Laplace.

De modo diferente de seu amigo e colaborador ANTOINE LAVOISIER [8], Laplace não teve problemas com a Revolução Francesa. Durante o período revolucionário, ajudou a introduzir o sistema métrico e a organizar a École Polytechnique e a École Normale. No fluxo reacionário do Termidor, presidiu a Comissão dos Quinhentos, que emitiu um relatório sobre o progresso da ciência. Mais tarde, ficou conhecido por Napoleão, que, ao tomar o poder com um golpe de estado no dia 18 de Brumário (9 de novembro de 1799), nomeou-o ministro do Interior, cargo incompatível com Laplace, que só o exerceu por seis semanas. Como consolo por sua demissão, recebeu uma cadeira no Senado, onde não foi particularmente eficiente. Entretanto, Laplace continuou com sua impressionante ascendência sobre o estabelecimento científico francês, dominado por ele até o primeiro quarto do século XIX. Tornou-se um estadista *sênior* venerado por um grupo importante de jovens cientistas, incluídos o naturalista Alexander von Humboldt e o químico Joseph Gay-Lussac. Na política, Laplace não estava isolado na votação pela renúncia de Napoleão em 1814; no regime da restauração que se seguiu, foi um personagem de grande proeminência. Napoleão lhe concedeu o título de conde, e Luís XVIII o tornou marquês. Certamente, não muito consistente em seus compromissos com a política, Laplace terminou a vida como um ultradefensor da realeza.

Laplace casou-se com Charlotte de Courty de Romange, em 1788, e tiveram dois filhos. Muitos dos documentos originais,

relativos a sua vida, se perderam, e, vazios em sua biografia, foram preenchidos por lendas. Alguns documentos foram perdidos, num incêndio que destruiu o castelo de um descendente seu, e outros foram queimados quando as forças aliadas bombardearam Caen durante a Segunda Guerra Mundial. Laplace morreu em 5 de março de 1827 em sua casa, fora de Paris, em Arcueil.

Suas últimas palavras são famosas, mas há dúvida de que ele as tenha pronunciado. “O que sabemos é desprezível; o que não sabemos é imenso” é uma das versões; outra é “O homem só persegue fantasmas”. O mais provável é que nenhuma esteja correta.



Edwin Hubble & o Telescópio Moderno

(1889 – 1953)

Durante a década de 1920, na esteira da revolução na física e da Teoria Geral da Relatividade apresentada por ALBERT EINSTEIN [2] e com a ajuda de telescópios cada vez mais potentes, Edwin Hubble preparou terreno para a nova cosmologia. Durante o século XIX, os astrônomos catalogaram as estrelas, discutiram a possível evolução do sistema solar e a origem da Terra — em que a palavra *cosmogonia* foi usada como termo geral —, mas as especulações estavam limitadas à Via-Láctea. Com Hubble, um americano do meio-oeste, quando trabalhava no imenso observatório no Monte Wilson, no sul da Califórnia, vieram o reconhecimento de milhares de galáxias adicionais e a

hipótese de um universo vasto e em expansão. As descobertas mais significativas e influentes feitas por Hubble foram, como escreve o historiador Robert W. Smith, “um exemplo particularmente interessante da influência da estética na cosmologia”. Seu trabalho “ajudou a dar a confiança necessária aos astrônomos e matemáticos de sua época, para que discutissem e, finalmente, tentassem explicar adequadamente a história do universo”.

Edwin Hubble nasceu em Marshfield, no Estado de Missouri, em 20 de novembro de 1889, filho do advogado e agente de seguros John Powell Hubble e de Virginia Lee James. Mais tarde, sua família mudou-se para Wheaton, um subúrbio de Chicago, em Illinois, onde Hubble cursou o ginásio. Era um atleta completo e excepcional, além de excelente aluno. Em 1906, recebeu uma bolsa para a Universidade de Chicago. Embora tenha feito o curso de pré-advocacia, por desejo de seu pai, interessou-se pela astronomia e participou de cursos ministrados pelo eminente físico Robert Millikan. Em 1910, ganhou uma bolsa Rhodes para o Queen's College, em Oxford, lá permanecendo por três anos. Enquanto estava na Inglaterra, foi-lhe outorgado um título em jurisprudência. Mas, de volta aos Estados Unidos, depois da morte de seu pai, abandonou a advocacia. Por um ano, foi professor ginasial de espanhol e de matemática em New Albany, no Estado de Indiana, antes de voltar para a Universidade de Chicago para fazer pós-graduação em astronomia e receber o Ph.D em 1917. Hubble posicionou-se logo como adepto da astronomia prática através de pesquisas feitas no Observatório Yerkes da universidade. Sua monografia, uma previsão do trabalho que estava por vir, tinha o título de “Investigações Fotográficas das Nebulosas Tênuas”.

Em 1919, depois de servir nas Forças Armadas durante a Primeira Guerra Mundial, Hubble integrou-se ao grupo do Observatório Solar do Monte Wilson. O grande telescópio de reflexo Hooker, que possuía um espelho de 100 polegadas, representava a crescente importância dos grandes instrumentos, então construídos nos Estados Unidos. Na verdade, a capacidade de concentração de luz dos novos telescópios estava mudando a astronomia. Um dos resultados foi o debate fundamental que se iniciou, no princípio da década de 1920, sobre a natureza das nebulosas — os conjuntos luminosos,

com aspecto de nuvem, que eram vistos no céu noturno. De acordo com um ponto de vista, defendido pelo eminente Harlow Shapley, as nebulosas seriam nuvens de material interestelar dentro da Via-Láctea; outra hipótese, mais radical, dizia que seriam, na verdade, galáxias independentes. Essas duas teorias representavam conceitos completamente opostos quanto ao conteúdo do cosmos.

Em 1922, Hubble publicou o *Estudo Geral das Nebulosas Galácticas Difusas*, no qual oferecia um novo sistema de classificação, que ainda se encontra em uso nos dias de hoje. Ainda de maior significado, a 4 de outubro, do ano seguinte, Hubble conseguiu separar várias estrelas dentro da nebulosa de Andrômeda, uma das mais antigas e conhecidas. Inicialmente, acreditava serem as estrelas uma nova ou estrelas em explosão, mas, depois de comparar com fotografias tiradas, reconheceu ser uma cefeida variável pulsante. Em consequência, Hubble conseguiu usar as técnicas existentes para medir a distância da estrela até a Terra. Obteve um número — algo como um milhão de anos-luz — que excedia de muito o diâmetro de toda a Via-Láctea sugerido por Shapley. Ao receber essa notícia de Hubble, Shapley mostrou a carta a um colega e falou: “Aqui está a carta que destruiu meu universo.”

Com essa descoberta e com outras observações feitas durante o ano seguinte, Hubble sem dúvida acabou com a discussão: galáxias observáveis existiam além da Via-Láctea; o universo era muito mais vasto do que jamais se havia imaginado.

As investigações subseqüentes, feitas por Hubble sobre as nebulosas, tiveram ainda maior importância, devido às enormes implicações para a nova cosmologia, do que a Teoria da Relatividade, colocada por ALBERT EINSTEIN [2] em 1916. Em resumo, a relatividade questionava se o universo é basicamente estático ou se é dinâmico — expandindo-se ou se contraindo. A variável crucial, introduzida pelo astrônomo holandês Willem de Sitter, foi sobre a natureza da luz emitida pelas galáxias distantes. Se o universo se expandia, essa luz deveria estar “indo para o vermelho”, indicando que as galáxias estavam se afastando da Terra. Como esta discussão continuou através da década de 1920, Hubble e seu colega Milton Humason mediram as nebulosas distantes e, ao coletarem os dados espectrais, na verdade encontraram uma tendência para o vermelho.

O artigo de Hubble de 1929, *Uma Relação entre a Distância e a Velocidade Radical entre as Nebulosas Extragaláticas*, é uma pedra fundamental na história da astronomia.

Medindo a luminosidade dessas galáxias, Hubble, além do mais, mostrou que, quanto mais distante, maior a “velocidade aparente” da galáxia. Apesar de Hubble não ter dito diretamente, suas medidas levaram à conclusão de haver uma velocidade de expansão do universo que podia ser calculada por meio daquilo hoje conhecido como a “constante de Hubble”. Daí se deriva a “Lei de Hubble”, fornecedora da relação velocidade-distância: $V = Hd$, onde H é a constante. O valor preciso da constante de Hubble ainda é uma pergunta interessante na astronomia.

À idéia de um universo em expansão opôs-se uma resistência inicial. Albert Einstein, que durante algum tempo acreditou que o universo fosse estático — chamou a isso o engano mais sério de sua carreira —, mudou de idéia quando visitou Hubble no Monte Wilson e no California Institute of Technology, em 1931. O anúncio da mudança de opinião de Einstein teve o efeito de “catapultar Hubble para o centro da fama internacional”, escreve sua biógrafa, Gale Christianson. De acordo com a narrativa de um jornal da época, “o universo, para usar uma expressão não-científica, *está se dirigindo* como um louco para o caos, ignorando as leis da gravidade, voando sempre para mais longe, mais e mais rápido. É como se o todo estivesse se quebrando e mergulhando para um vazio exterior sem fim. Nada de bom pode sair disso”.

Apesar de Hubble ter dado vida nova aos assuntos que, desde então, se tornaram parte da cosmologia contemporânea — no final da sua carreira tentou fixar a idade do universo —, ele próprio, cuidadosamente, evitou se envolver diretamente em tais debates.²⁰ Escreveu: “Até que os recursos empíricos estejam esgotados, não temos necessidade de passar para o reino onírico da especulação.”

²⁰ Em 1936, Hubble chegou à conclusão de que o universo teria dois bilhões de anos, um número que entrava em conflito com os métodos de descobrir a idade, então em uso. Duas décadas depois, descobriu-se que Hubble havia confundido dois tipos de luminosidade das cefeidas, e o número foi modificado para cima. Hoje, apesar de as magnitudes das estimativas baseadas na Terra e nas estrelas serem mais bem comparáveis, a idade do universo permanece incerta.

Diferente de ARTHUR EDDINGTON [37], na década de 1930, ou de STEPHEN HAWKING [54], nos dias de hoje, Hubble foi famoso, sem ser muito popular. Entretanto, publicou *O Reino das Nebulosas* para uma audiência leiga, em 1936, e *A Maneira Observacional de Chegar à Cosmologia*, no ano seguinte. Depois de sua morte, apareceram o *Atlas Hubble das Galáxias* e *A Natureza da Ciência* — esta uma coleção de seus artigos, publicada em 1954. Embora tivesse pontos de vista conservadores em política, Hubble se opôs às armas nucleares. Sua conferência “A Guerra que Não Pode Acontecer” foi uma visão de destruição que ele transmitiu, logo depois do término da Segunda Guerra Mundial.

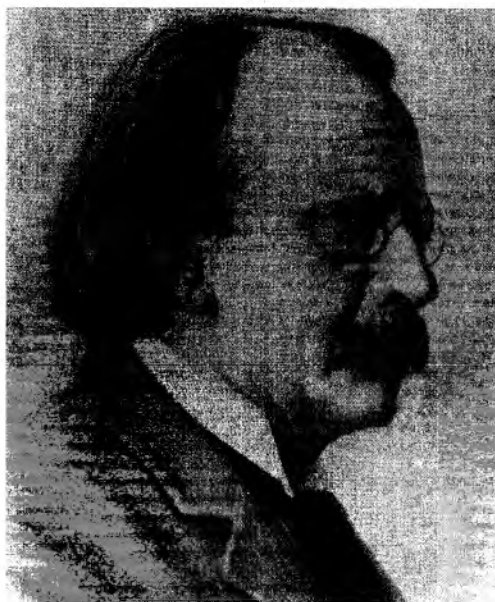
A fama de Hubble trouxe muitos visitantes ao Monte Wilson e ele se fez conhecido de intelectuais, tais como Walter Lippmann e Aldous Huxley. Proferiu conferências para audiências de alto nível no Carnegie Institution em Washington, D.C., e freqüentemente visitava a Inglaterra, onde ele e sua mulher, Grace, ambos anglófilos, eram recebidos pelos maiores cientistas da época. Entre seus conhecidos estavam numerosas estrelas de cinema e executivos de Hollywood, moradores na vizinhança; Hubble e sua mulher mantiveram uma amizade duradoura com Anita Loos, a autora de *Os homens preferem as louras*.

Nem sempre foi lembrado com afeição por muitos de seus colegas; alguns até o consideravam arrogante e desagradável. “A maioria admitia, mas poucos diziam”, sugere Timothy Ferris, “que era um dos grandes astrônomos que jamais existiu”. Por outro lado, ele não só encorajou Milton Humason (que havia sido contratado como zelador do observatório em Monte Wilson) a trabalhar em astronomia, mas lhe deu todo o crédito nos artigos que ambos publicaram em conjunto.

Em 1948, Edwin Hubble tornou-se o primeiro a operar o enorme telescópio de cinco metros da Caltech no Monte Palomar. Cinco anos mais tarde, no dia 28 de setembro de 1953, morreu de derrame enquanto se preparava para passar várias noites fazendo observações.

Seu nome é lembrado hoje, não só pelas leis da mudança para o vermelho, mas principalmente pelo telescópio Hubble, colocado no espaço e lançado em 1990.

Apesar de no início ter havido problemas técnicos, o Hubble, quando consertado, começou a enviar imagens extraordinárias para a Terra, continuando a sondar hoje, cada vez em maior profundidade, o interior do cosmos, muito mais do que qualquer outro instrumento inventado até agora.



Joseph J. Thomson & a Descoberta do Elétron

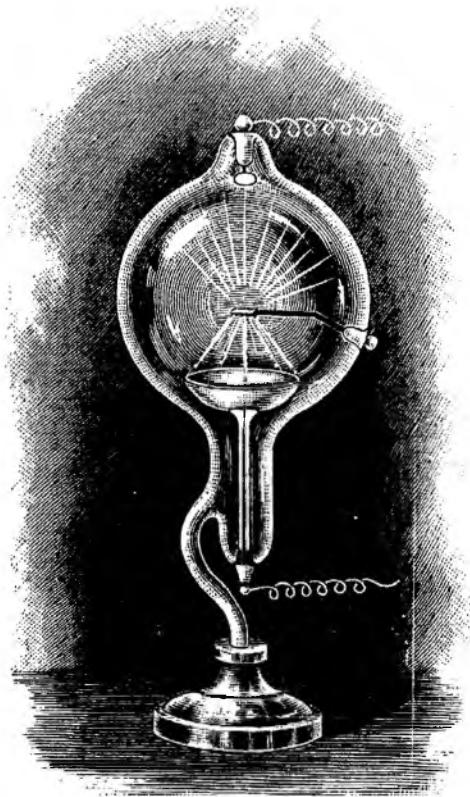
(1856 – 1940)

O tubo de raios catódicos é a base das onipresentes tecnologias modernas: a tela da televisão e o monitor do computador. Mas, em suas origens no século XIX, o tubo de raios catódicos era somente algo experimental. Em sua forma básica, compreende um tubo de vidro ao qual estão ligados eletrodos de metal, e de onde todo o ar foi retirado e substituído por um gás específico, nele injetado. Quando os eletrodos são ligados a uma bateria com voltagem suficiente, os raios catódicos batem no lado oposto do tubo e brilham ou ficam fluorescentes. Os raios são fluxos de elétrons, e não de luz, e foram as primeiras partículas subatômicas a serem

reveladas. A descoberta do elétron, por Joseph John Thomson, em 1897, constituiu um primeiro passo importante para o desenvolvimento do conceito do átomo no século XX.

Joseph John Thomson nasceu em 18 de dezembro de 1856, num subúrbio de Manchester, Cheetham Hill, na Inglaterra. Seu pai, Joseph Thomson, de origem escocesa, exercia o trabalho de editor e negociava com livros antigos; sua mãe era Emma Swindells. A atmosfera familiar transcorria mais paroquial do que erudita, mas Joseph, precoce na escola, possuía uma memória excepcional. Em 1870, com 14 anos, iniciou o curso no Owens College, ficando sob a influência de Balfour Stewart, um professor de física. Quando seu pai morreu em 1873, Joseph recebeu uma bolsa instituída em memória de JOHN DALTON [74], que havia nascido em Manchester e cujo trabalho, pela primeira vez, reformulou a Teoria Atômica de forma moderna. Depois de se formar no Trinity College em 1880, como “segundo disputante” (*second wrangler*) em matemática, Thomson foi eleito membro e ficou em Cambridge pelo resto da vida. Trabalhou no Laboratório Cavendish, inaugurado em 1871, dirigido, inicialmente, por JAMES CLERK MAXWELL [12]. Em 1884, e ainda excepcionalmente jovem, Thomson foi nomeado Professor Cavendish de Física Experimental.

No final do século XIX, tornou-se provável que os átomos — cuja existência ainda estava colocada em dúvida por alguns setores — não eram somente bolas impenetráveis de pesos diferentes, mas continham alguma estrutura interior. A teoria que se desenvolvia para o eletromagnetismo sugeria que os átomos seriam, de algum modo, elétricos, e as experiências indicavam a possibilidade de que os raios catódicos, que brilhavam, estavam carregados com partículas atômicas. Os tubos a vácuo melhorados, feitos por William Crookes, foram a base das experiências de Thomson; o primeiro acreditava, desde a década de 1870, que os raios se pareciam a fluxos de moléculas. Thomson obteve o benefício de uma grande quantidade de dados, coletados e estudados por muitos anos, bem como de uma ótima compreensão teórica da teoria eletromagnética. Além disso, inspirado pela descoberta do raio X, sua investigação decisiva foi feita entre 1896 e 1898.



Os raios misteriosos de Röntgen foram o ponto de partida para a pesquisa sobre os átomos, iniciada no século XX.

Na primeira de uma série de experiências críticas, Thomson colocou duas placas de metal, ligadas a uma bateria, dentro de um tubo catódico, criando, assim, um campo magnético pelo qual os raios teriam que passar. Ao perceber então que a presença desse campo conseguia defletir os raios catódicos, pôde também concluir que se tratava de partículas e não de raios de luz. Ainda mais significativo, Thomson agora tinha meios de derivar da velocidade, já conhecida, o e/m das partículas, ou seja, a razão entre a carga elétrica e a massa. Quando Thomson encontrou uma razão muito grande entre a carga e a massa, intuiu que a partícula era muito pequena — na verdade, pelo menos, mil vezes menor do que o átomo de hidrogênio, o mais leve que se conhecia.

Thomson testou uma série de materiais e gases e achou, para todos eles, essencialmente a mesma razão e/m . Ao continuar as experiências e usando uma câmara de nuvem, conseguiu, em 1898, verificar o tamanho dos “corpúsculos”. Sua conclusão é uma das verdadeiras pedras fundamentais da física: os raios catódicos são constituídos das partículas elementares que se encontram em qualquer matéria. Como disse mais tarde: “[Os] elementos que carregam a eletricidade são corpos... tendo uma massa muito menor do que a do átomo de qualquer elemento conhecido, e têm a mesma propriedade de qualquer fonte da qual a eletricidade negativa seja derivada.”

Quando Thomson anunciou sua descoberta preliminar, no dia 30 de abril de 1897, numa conferência em noite de sexta-feira, no Royal Institute, foi somente entendido por alguns de seus colegas. Mas a série de experiências mostrou-se tão convincente que o reconhecimento veio quase que de imediato. “O mundo científico”, de acordo com um relato da época, “pareceu ter acordado repentinamente para o fato de que seus conceitos haviam passado por uma revolução.” O termo usado por Thomson para a partícula elementar, “corpúsculo”, foi logo substituído por “elétron”, que havia sido proposto, muitos anos antes, pelo físico irlandês George Johnstone Stoney.

Em 1903, Thomson publicou um resumo de seu trabalho, *A Condução da Eletricidade Através dos Gases*. Desenvolveu o modelo do “pudim de passas” para o átomo, no qual os elétrons ficavam como pinos numa esfera uniforme. Este modelo logo deu lugar ao do sistema solar, desenvolvido por ERNEST RUTHERFORD [19] e por NIELS BOHR [3], que foram os últimos dos protótipos visualizados. Hoje, nem o átomo, nem os elétrons podem ser realmente entendidos por meio de representações visuais.

Thomson foi um cientista e um professor muito querido, e alguns dos seus alunos vieram a ganhar o Prêmio Nobel. O Laboratório Cavendish, que já era uma Meca para os físicos, assim permaneceu por muito tempo. É muitas vezes mencionado que um dos defeitos de Thomson era o de ser um experimentalista sem jeito e que necessitava de muita assistência, porém muito engenhoso ao projetar e aperfeiçoar as técnicas. “O sucesso de Thomson”, escreveu A. E. E. McKen-

zie, “baseava-se na habilidade de perceber com clareza o problema fundamental, em formular uma hipótese, em conceber um teste experimental e em coordenar um ataque concentrado a partir de todos os ângulos, usando o time que trabalhava para ele.” Em 1906, Thomson ganhou o Prêmio Nobel de Física. Depois de 1912, reduziu a carga de pesquisas e se concentrou em tarefas administrativas. Tornou-se cavaleiro em 1908 e em 1918 foi nomeado diretor do Trinity College, uma alta honra. Pediu demissão do Cavendish em 1919 e viveu, prodigamente aposentado, até 30 de agosto de 1940. Seus restos mortais foram cremados e enterrados na Abadia de Westminster, perto dos túmulos de ISAAC NEWTON [1], CHARLES DARWIN [4] e ERNEST RUTHERFORD [19].

Apesar de não gostar de filosofia, Thomson foi um anglicano devoto, que rezava em sua privacidade, todos os dias. Casado com Rose Elizabeth Paget, teve dois filhos. Seu filho George Paget Thomson tornou-se um físico e, como o pai, ganhou o Prêmio Nobel por trabalhos na difração eletrônica, uma técnica usada para investigar as moléculas de gás e a estrutura das superfícies sólidas.



Max Born & a Mecânica Quântica

(1882 – 1970)

De modo geral, Max Born foi o principal culpado pelas frases muitas vezes repetidas por ALBERT EINSTEIN [2]: “Deus não joga dados” e “O Senhor é sutil, mas não malicioso”. Pois Born, que deu nome ao termo *mecânica quântica* em 1924, foi o primeiro a perceber que a probabilidade e não a certeza controlava as medidas dos elétrons. Born, um dos mais influentes físicos teóricos de então, na década de 1920 estava no âmago da interpretação das novas descrições do átomo. A partir daí, de certa forma, passou a ser um modelo para os físicos do século XX: rigoroso na matemática, com alguma compreensão filosófica e um espírito liberal. “O trabalho de Born

foi sempre caracterizado pelo total rigor matemático, em contraste marcante com os edifícios teóricos feitos por Niels Bohr com pequenos pedaços...”, escreve John Gribbin. “Ambos os tipos de gênio eram essenciais para o novo entendimento sobre os átomos.”

Max Born veio ao mundo em 11 de dezembro de 1882, na Breslau alemã (hoje, Wrocław, na Polônia), filho de Gustav Born e de Margarethe Kauffmann Born. Sua mãe, uma excelente pianista, vinha de uma conhecida família de industriais e morreu quando Max contava cerca de quatro anos. Ele foi criado, entretanto, num ambiente exemplar para um futuro cientista alemão: urbano, mas com amor à natureza, e intelectual, com uma queda para a música. Mantinha forte relacionamento com seu pai Gustav Born, um catedrático de anatomia na Universidade de Breslau e botânico amador. Dele, Max escreveu mais tarde: “Eu adorava ficar ouvindo as histórias fascinantes de meu pai sobre as maravilhas da vida e observar as pequenas criaturas numa gota de água suja tirada de um lago, que ele mostrava através de seu microscópio.” É interessante notar que, pouco antes de morrer, o pai de Born ganhou uma medalha de ouro por seu trabalho sobre o desenvolvimento do embrião.

Depois de cursar o Kaiser Wilhelm Gymnasium na Universidade de Breslau, desde 1901, Born ficou interessado pela matemática — a geometria foi que o atraiu primeiro — e depois pela física. Em 1904, Born começou a estudar na Universidade de Göttingen sob as tutelas de um físico importante, Hermann Minkowski, e de um matemático, David Hilbert, de quem se tornou assistente em 1905. Isso levou Born a estudar as técnicas sem sucesso para descobrir o “éter”, a substância hipotética pela qual, pensava-se, as ondas eletromagnéticas se propagavam. (Foi, logo depois, provado por Einstein que essa noção era supérflua.) Quando Born recebeu o Ph.D. em 1907, seus interesses haviam se voltado definitivamente para a física teórica.

Em 1908, ainda na Universidade de Breslau, Born soube da nova teoria da relatividade de Einstein, a qual tocava em seus próprios interesses na dinâmica da eletricidade e na ótica. Logo retornou a Göttingen, com a intenção de trabalhar com seu antigo professor Minkowski, mas este morreu pouco após a chegada de Born, que

então continuou os trabalhos do professor sobre a relatividade e sobre a eletrodinâmica. Em 1915, foi nomeado para a Universidade de Berlim como professor da cadeira de física teórica, chefiada por MAX PLANCK [25]. Lá também se tornou amigo de Albert Einstein. Born ficou muito conhecido pelo estudo da estrutura e das propriedades dos cristais e que foi a base do posterior desenvolvimento da física do estado sólido, já neste final do século.

Em 1921, Born tornou-se diretor do Instituto de Física Teórica na Universidade de Göttingen, mudando o foco de seu interesse dos cristais para a física quântica. Era uma mudança lógica e mesmo necessária, pois a teoria quântica do átomo havia entrado em seu período de crise. Os físicos haviam descoberto que, apesar da clara superioridade da teoria sobre os métodos clássicos, o comportamento do elétron não podia ser predito simplesmente pelo uso dos números quânticos. Em meados de 1922, depois de uma visita de NIELS BOHR [3] a Göttingen, Born declarou: “A época talvez já tenha passado, quando a imaginação do investigador tinha rédea livre para compor modelos moleculares atômicos a seu gosto. Na verdade, estamos agora numa posição de construir modelos com certeza, apesar de não ser uma certeza absoluta, através da aplicação das regras quânticas.”

Era um apelo para um maior rigor e, ao perseguir essa meta, Born manteve um importante colóquio permanente — “com a alta corte da física de Göttingen” — no qual os novos trabalhos sempre foram cuidadosamente verificados e criticados. No início de 1923, nomeou o jovem WERNER HEISENBERG [15] seu assistente.

Durante os dois anos seguintes, o trabalho dos personagens principais em Göttingen e em Copenhague levou a teoria quântica a renascer. Em 1924, Born usou pela primeira vez o *Quanten Mechanik*, e, no final de junho de 1925, Werner Heisenberg propôs uma equação que dava certas regras para calcular a posição dos elétrons em torno do átomo. Born reconheceu na matemática de Heisenberg o uso do “cálculo matricial” que, juntos, logo sistematizaram como uma das teorias gerais da mecânica quântica e aplicável aos fenômenos atômicos.

Born também representou um papel importante após ERWIN SCHRÖDINGER [18] ter publicado, em 1926, sua equação, que veio a

ser conhecida como a “mecânica da onda”. Em lugar de tratar o elétron como uma partícula, Schrödinger lhe conferiu o *status* de uma onda. E qual era o correto? Schrödinger sugeriu — em sua própria defesa — que o elétron se comportava fundamentalmente como uma onda e que parecia ser uma partícula somente sob certos aspectos. Mas isso foi provado não ser verdade. Trabalhando com as equações de Schrödinger, Born percebeu que a explicação mais plausível que a real representação devia constituir uma “onda de probabilidade”. O elétron não era nem simplesmente uma partícula que poderia ser localizada precisamente no espaço tridimensional, nem uma onda oceânica em três dimensões. Daí para a frente, os resultados corretos para os problemas na mecânica quântica precisariam incorporar esta noção probabilística e estatística. Em um ano, Heisenberg codificou esse passo, chamando-o de “Princípio da Incerteza”.

Como consequência dessas pesquisas, a proeminência de Born alcançou uma grande marca e, por muitos anos, Göttingen foi um campo de treinamento de alta importância para os físicos na Alemanha, algo como o Instituto Niels Bohr em Copenhague. Em 1932, Born foi nomeado reitor da faculdade de ciência da universidade. Como muitos outros alemães, achava Adolf Hitler “simplesmente ridículo, e nos recusávamos a acreditar que um desclassificado ruim e de baixo nível pudesse ser levado a sério pela ‘nação de poetas e pensadores’, como os alemães costumavam se chamar”. Em 1933, Hitler subiu ao poder, e as leis anti-semitas quase que imediatamente terminaram com a carreira de Born como professor na Alemanha. Passado um período traumático, ele e a família foram para a Grã-Bretanha, onde Born ocupou vários cargos acadêmicos, até se aposentar, em 1953.

Na última fase de sua carreira, Born voltou para a Alemanha, mudando-se para perto de Göttingen. Havia publicado o livro *A Energia Atômica e Seu Uso na Guerra e na Paz*, logo depois da Segunda Guerra Mundial, e continuou ativo na cruzada antinuclear inicial. Foi um dos fundadores do Movimento Pugwash e um dos líderes dos ‘18 de Göttingen’, um grupo de físicos da Alemanha Ocidental que publicou um manifesto rejeitando qualquer colaboração com o governo referente a armas atômicas. Quando Born

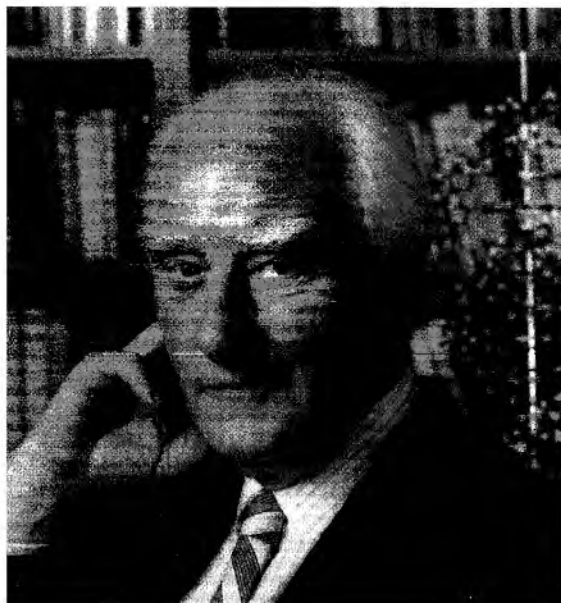
recebeu com atraso o Prêmio Nobel em 1954, pôde exercer seu prestígio, agora aumentado, em seu novo papel de estadista da ciência, examinando as conseqüências sociais e políticas de um mundo nuclear.

O envolvimento de Born, em seus anos finais, reflete um interesse de toda a vida nos problemas maiores da ciência. "Nunca apreciei ser um especialista", escreveu em sua autobiografia *Minha Vida e Meus Pontos de Vista*. "Não conseguiria me encaixar nos caminhos da ciência contemporânea, que é feita por grupos de especialistas. O pano de fundo filosófico da ciência sempre me interessou mais do que os resultados especiais." Durante toda sua carreira, Born também escreveu para uma audiência mais generalizada, e muitos de seus livros foram traduzidos para o inglês: *A Teoria da Relatividade de Einstein* é de 1924, e *A Mecânica do Átomo*, de 1927. Seus livros, o excepcionalmente popular *Física Atômica* e *O Universo sem Descanso*, foram publicados em 1935. *A Física e a Política* foi publicado em 1962, e *As Cartas Born-Einstein*, em 1971.

Born casou-se com Heidi Ehrenberg em 1913, tendo duas filhas e um filho. Seu relacionamento com sua mulher, muito tensa, porém afetuosa, foi agitado, mas duradouro. Born não era de expressar ou verbalizar as emoções, e seu filho Gustav sugere que isso talvez fosse devido à perda prematura da mãe. Born era músico e gostava de decorar poesias.

Apesar de a mecânica quântica envolver muita matemática, que é obtusa e difícil de entender, não é necessário ser matemático para verificar que o momento p e a posição q não se juntam da maneira normal: qp na teoria quântica não é o mesmo que pq . A lei das comutações não se aplica. Quando Max Born morreu, em 5 de janeiro de 1970, foi enterrado em Göttingen e sua equação básica e historicamente estranha no sentido acima descrito está gravada na lápide:

$$pq - qp = \frac{h}{2\pi i}$$



Francis Crick & a Biologia Molecular

(1916 –)

Em 1953, em colaboração com o americano JAMES WATSON [49], Francis Crick, um estudante de pós-graduação britânico, descobriu a estrutura e a função do DNA, a molécula na qual se encontra inserido o código genético. A hipótese Watson-Crick, desenvolvida durante as duas décadas seguintes, explica os mecanismos básicos da hereditariedade e da função celular e é, possivelmente, o desenvolvimento mais significativo em qualquer campo da ciência desde a Segunda Guerra Mundial, tendo levado a uma revolução toda a biologia, remodelando completamente o campo das pesquisas genéticas e trazendo grandes e novas descobertas médicas. “A biologia

molecular não foi descoberta ou criada por um só homem”, sentenciou Jacques Monod há alguns anos. “Mas um homem domina intelectualmente todo esse campo, porque sabe e entende mais. E ele é Francis Crick.” Há poucos anos, Crick vem se dedicando à neurobiologia, um ramo em que já desenvolveu hipóteses originais sobre a natureza da consciência.

Francis Harry Compton Crick nasceu em 8 de junho de 1916, perto de Northampton, uma cidade situada nos Midlands da Inglaterra, filho de Harry e de Anne Elizabeth Wilkins Crick. Seu pai, que possuía uma fábrica de botas e de sapatos quando Francis nasceu, não ficou muito bem depois de 1929 e mudou-se com a família para Londres, onde gerenciou lojas de sapatos durante a Depressão e encaminhou seus dois filhos para Mill Hill, uma escola pública britânica.

Ainda criança, Francis Crick ficou fascinado pela ciência, apesar de, em retrospecto, não ter achado em si mesmo nenhuma marca de genialidade — a não ser uma grande curiosidade sobre a Natureza e o universo. O co-descobridor do DNA perdeu a fé religiosa por volta dos 12 anos, e essa perda ajudou a determinar sua escolha de carreira. Como escreveu em sua breve biografia intelectual, *Que Louca Perseguição*, “O conhecimento da verdadeira idade da Terra e do que se sabe sobre os fósseis torna impossível para qualquer intelecto balanceado acreditar na verdade literal de todas as partes da *Bíblia*, à maneira dos fundamentalistas. E, se algumas partes da *Bíblia* estão fundamentalmente erradas, por que deveria o restante dela ser aceito automaticamente? (...) O que poderia ser mais tolo do que basear toda a vida em idéias que, enquanto plausíveis para a época, agora parecem ser bem erradas?”. O ateísmo de Crick foi uma das forças motivadoras da escolha do trabalho científico de sua vida.

Em 1934, Crick começou os estudos de física no University College, em Londres, e se formou em 1937, com honras secundárias. A essa altura, somente lhe haviam ensinado um pouco sobre mecânica quântica, um assunto que aprendeu, mais tarde, em maior profundidade, por seu próprio esforço. Permaneceu no University College para pós-graduação, que havia quase completado quando do início da Segunda Guerra Mundial, tendo ido então para o

almirantado, onde ajudou a projetar minas magnéticas e acústicas, “sem contato”, lá permanecendo por um período depois da guerra, tendo sido designado para o serviço de inteligência científica.

Certo de que queria fazer pesquisas fundamentais e impulsionado por seu ateísmo, Crick acabou por ter duas escolhas: ou a base da vida ou o cérebro. Finalmente decidiu pelo “limite entre o vivo e o não-vivo” — a base física e química da vida. Foi influenciado pelo livro *O que É a Vida?*, de ERWIN SCHRÖDINGER [18], e inspirado por LINUS PAULING [16] e seus comentários, feitos em 1946, sobre o futuro da química estrutural. Por volta de 1947, Crick começou a trabalhar no Laboratório Strangeways, em Cambridge; dois anos mais tarde se transferiu para o Laboratório Cavendish, onde, como membro de um grupo dirigido por Max Perutz, aplicava a técnica da cristalografia por raio X na tentativa de descobrir a estrutura tridimensional das proteínas. Crick acabou usando a difração de raio X das proteínas como tema de sua tese de Ph.D.

Na década de 1940, o ponto de vista dominante era o de que o material genético da célula seria uma proteína. Nesse meio-tempo, o conhecimento sobre o ácido desoxirribonucléico, grande molécula sempre presente em todas as células, estava aumentando. O DNA havia sido descoberto em 1869 e recebeu a sua denominação em 1899. Por volta de 1949, Erwin Chargaff determinou a composição relativa de suas quatro bases para uma grande quantidade de espécies, e Oswald Avery, na Universidade Rockefeller, apresentara provas, apesar de não definitivas, de que o DNA puro poderia ser o “fator de transformação” num certo tipo de duplicação bacterial.

De modo geral, a descoberta da estrutura do DNA foi uma extensão da física na biologia, usando o caminho da química. Para ser mais específico, em 1948, o químico Linus Pauling reconheceu a forma *helicoidal* das cadeias de polipeptídeos que formam as proteínas. Isso sugeria um modelo básico no micromundo; assim, outras estruturas helicoidais poderiam ser descobertas. No início da década de 1950, “as formas helicoidais estavam por todo lado”, escreveu Crick, “e você teria que ser ou obtuso ou muito obstinado para não pensar em termos de formas helicoidais”.

Em 1951, James Watson chegou ao Laboratório Cavendish e fez amizade com Crick; os dois começaram a compartilhar um escritó-

rio e a trabalhar juntos. “Jim e eu nos demos bem logo de saída”, escreveu Crick mais tarde, “em parte, porque nossos interesses eram incrivelmente semelhantes e, em parte, eu suspeito, devido a uma arrogância juvenil, a uma aspereza e a uma impaciência com a maneira frouxa de pensar, que era natural em nós dois.” Além disso, a familiaridade de Watson com o trabalho de MAX DELBRÜCK [68] e seu grupo de bacteriófagos via-se complementada pelo conhecimento de Crick sobre a difração de raio X.

Crick e Watson não fizeram trabalhos experimentais sobre o DNA, mas se ajudaram em trabalhos de vários outros, incluindo as fotografias de raio X do DNA, tiradas pela cristalógrafa Rosalind Franklin. Seguindo a pista de Linus Pauling, começaram a montar modelos da molécula usando arames, contas, metal e papelão. A descoberta decisiva, feita por Watson, aconteceu em 21 de fevereiro de 1953, quando ele reconheceu a forma complementar dos pares básicos: adenina-timina e guanina-citosina. Em abril de 1953, publicaram na revista *Nature* o artigo *Estrutura Molecular dos Ácidos Nucléicos* e notaram, com alguma ironia, marcando sua prioridade, que “não escapou de nossa atenção que a junção em pares específicos que estamos postulando imediatamente sugere um possível mecanismo de cópia para o material genético”.

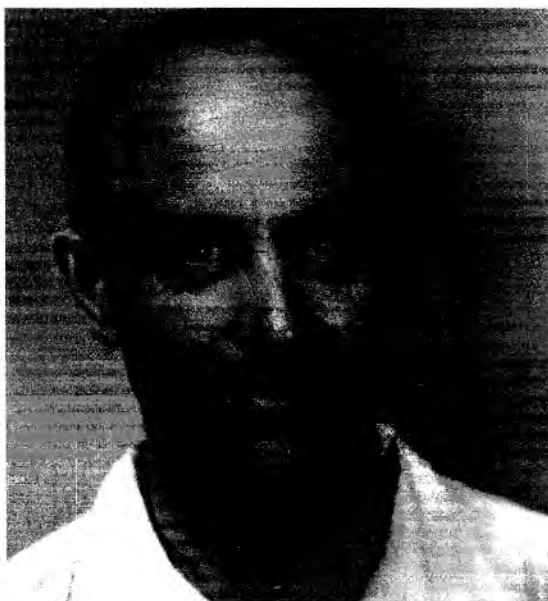
Nos 20 anos seguintes, Crick foi um dos líderes na biologia molecular, e seu papel foi preponderante na descoberta da natureza do código genético. Ele sugere que uma seqüência de bases trigêmeas de ácido nucléico, em uma ordem determinada, leva à construção, dentro da célula, de uma proteína específica — a “hipótese da seqüência”. Em 1958, Crick predisse a descoberta do DNA de transferência para indicar como essa tarefa era realizada. Crick também foi o responsável pelo que ele mesmo chamou de “dogma central” da genética molecular; a informação, uma vez codificada numa molécula de DNA, se transforma numa rua de mão única. Uma vez que a informação seqüencial se instala numa proteína, não pode mais sair dela com as mesmas características. O dogma central permanece o princípio-chave da organização na biologia molecular.

Em 1976, Crick mudou-se para o Instituto Salk de Estudos Biológicos, em La Jolla, na Califórnia, iniciando um novo campo de pesquisa, constituído pelo estudo da consciência e do cérebro.

Sua entrada nesse campo veio na época em que começava o declínio da ênfase dada ao comportamento, quando a psicologia cognitiva estava principiando e quando a neurobiologia se punha em “fomentação técnica”. Crick foi um dos vários ganhadores do Prêmio Nobel — Roger Penrose e Gerald Edelman foram os outros dois —, responsável por investir no campo da função cerebral com uma nova atração. Por mais que haja aberto a genética pela via da bioquímica, Crick esperava mostrar que todos os pensamentos são explicáveis em termos físicos e neurológicos. Dando ênfase ao sistema visual, publicou em 1994 o livro *Uma Hipótese Surpreendente*, que exprimia um ponto de vista materialista e puramente eletrofísico da consciência. Nele, escreve Crick: “Nossas alegrias e tristezas, memórias e ambições, o senso de identidade pessoal e de livre-arbítrio, na verdade, não são mais do que o comportamento de um vasto sistema de células nervosas e das moléculas a elas associadas.” Crick é um cientista que deseja enfatizar que os seus pontos de vista estão “diretamente em contradição com as crenças religiosas de bilhões de seres humanos que vivem na época atual”.

“É bem claro que a principal contribuição de Crick para a biologia”, escreve o historiador de ciência, Robert Olby, “é seu sentido físico e sua habilidade de ver através da essência do problema”. Na verdade, o próprio Crick mostrou a importância conceitual fundamental do DNA, em contraste com o trabalho que foi necessário para se chegar a ele. “A descoberta da hélice dupla”, ele escreve em *Que Louca Perseguição*, “... foi, do ponto de vista científico, bem normal. O importante não é a maneira como foi descoberta, mas o objeto da descoberta — a própria estrutura do DNA.

De acordo com Watson, no dia da descoberta da hélice dupla, Crick saiu do laboratório e foi para o Eagle Pub, distante uma quadra do Cavendish, onde anunciou, com sua voz forte e ressonante, que ele e Watson haviam descoberto “o segredo da vida”. Crick se lembra do fato de maneira diversa. Diz que voltou para casa para contar a sua mulher, Odile, que havia feito uma descoberta importante. Ela não acreditou e lhe disse anos depois: “Você estava sempre chegando em casa e dizendo coisas assim, de modo que naturalmente não dei importância.”



Enrico Fermi

& a Física Atômica

(1901 – 1954)

A Enrico Fermi é reservado um lugar permanente na história do século XX como o homem que, sob um campo de futebol em Chicago, em 1942, criou a primeira reação nuclear sustentada feita pelo homem — um primeiro passo rumo ao desenvolvimento de uma bomba atômica. Muito antes disso, entretanto, Fermi havia se tornado o personagem central na organização da física moderna. Na década de 1920, desenvolveu um método estatístico, ainda usado para analisar as partículas subatômicas. E quando a decomposição beta, ou seja, a emissão de elétrons a partir de um núcleo radioativo, deixou perplexos os físicos, Fermi forneceu uma explicação dramá-

tica, propondo a existência de uma nova força na natureza, a força tênue.²¹ Durante a década de 1930, Fermi executou uma série de experiências que transformaram vários elementos em isótopos radioativos. Apesar de suas realizações não serem comparáveis às de JAMES CLERK MAXWELL [12], de ALBERT EINSTEIN [2] ou de NIELS BOHR [3], “com sua inteligência excepcional e um interesse global em todos os ramos da física, bem como seu conhecimento magistral da física dos nêutrons”, escrevem Lloyd Motz e Jefferson Weaver, “Fermi se tornou o líder incontestado dos físicos nucleares”.

Enrico Fermi nasceu em Roma, em 29 de setembro de 1901, o mais moço dos três filhos de Alberto Fermi, um executivo da ferrovia, e de Ida Gattis, uma professora primária. Fermi ficou muito tempo perto de sua família, que era de gente trabalhadora, de classe média, secular e severa. Logo se distinguiu em matemática e em ciências, mostrou um forte talento para a mecânica, uma tendência partilhada com muitos outros físicos, e possuía uma memória fora do comum. Ainda criança, construía motores e brinquedos elétricos com o irmão; Enrico também decorou partes da *Divina Comédia*, de Dante, e da sátira épica de Ariosto, *Orlando Furioso* (também um favorito de GALILEO GALILEI [7]). Apesar de começar a estudar física matemática no início da adolescência, foi impulsionado para o assunto pela morte súbita de seu irmão Giulio, com quem tinha um relacionamento muito estreito. Enrico estava com 14 anos.

Em 1918, Fermi, por meio de uma bolsa, entrou para a Scuola Normale Superiore, na Universidade de Pisa. Recebeu o Ph.D. em física, em 1922, formando-se *magna cum laude*. Já tinha, nessa época, intimidade com a física atômica, que estava no início de seu desenvolvimento. Na verdade, tinha mais familiaridade com a física contemporânea do que seus professores. Com a idade de 22 anos, foi considerado uma autoridade com importância na Itália. Havia desenvolvido — o que reteria por toda sua vida — uma capacidade impressionante para o trabalho ininterrupto. Em 1927, depois de um ano de estudo da teoria quântica, com MAX BORN [32], na Universidade de Göttingen, Fermi retornou à Itália, como conferencista na Universidade de Florença.

²¹ A “força tênue” aparente na deterioração radioativa é o inverso da “força forte”, que mantém os núcleos como um todo.

A primeira grande contribuição de Fermi para a física surgiu na metade da década de 1920 e tratava de uma aplicação da mecânica quântica. Fermi sugeriu que o “princípio da exclusão”, proposto por Wolfgang Pauli, em 1925, que limitava as opções para a posição de um elétron em torno do núcleo do átomo, podia ser aplicado para explicar o comportamento dos átomos num gás. O que ficou conhecido como a estatística Fermi-Dirac foi depois transformado numa ferramenta importante da estatística quântica.

Em 1926, Fermi se tornou o primeiro professor de física teórica, na Universidade de Roma, a ter um cargo vitalício. O rápido avanço de Fermi para o topo da física representava uma verdadeira reativação da disciplina na Itália. Em 1928, publicou a *Introdução à Física Atômica*. Em 1929, foi nomeado para a Academia Real da Itália, pelo ditador fascista Benito Mussolini, passando a ser seu membro mais jovem.

A realização, talvez, mais influente de Fermi veio no final de 1933, com a teoria da deterioração beta. Nesse processo natural, que ocorre em qualquer partícula radioativa, o núcleo expulsa elétrons. A mecânica desse fenômeno incomodava, porque, aparentemente, violava o princípio da conservação da energia. Do mesmo modo que o modelo de átomo de Bohr-Rutherford, onde não ficava claro por que os elétrons que supostamente estavam em órbita não entravam em colapso dentro do núcleo atômico, também a deterioração beta levantava a questão de por que o núcleo, apesar de tudo, conseguia se manter coeso em qualquer circunstância.

Fermi demonstrou que a deterioração beta envolve a criação de um elétron e também de um *neutrino* — uma partícula essencialmente sem massa, que ele postulou e deu nome, no início da década de 1930. (Foi descoberta experimentalmente em 1956.) Assim, apesar de o núcleo de um átomo propriamente dito não conter elétrons, ele os emite, juntamente com energia, quando se deteriora. Fermi propôs que uma *força fraca*, maior do que a força gravitacional, mas muito menor do que a força eletromagnética, era a responsável pela deterioração beta. Embora o periódico britânico *Nature* tenha se recusado a publicar o artigo de Fermi sobre a deterioração beta, o trabalho rapidamente causou um impacto, quando foi publicado na Itália. Devido à grande clareza contida na explicação,



As "pegadas" do Fermilab.

os físicos imediatamente aceitaram a noção de uma nova força fundamental na natureza.

Em 1934, as experiências de Irène e de Jean Frédéric Joliot-Curie mostraram que os elementos radioativos podiam ser criados pelo bombardeio do núcleo de elementos conhecidos. Essa, uma descoberta germinal, inspirou Fermi a voltar ao laboratório. Ao usar os nêutrons, tornados mais lentos em parafina para poder ter maior força, ele criou e investigou as propriedades de uma série de isótopos radioativos.

O fascismo na Itália era um fato estabelecido há bastante tempo, mas a aliança de Benito Mussolini com a Alemanha nazista em 1936 não podia ser ignorada, por gerar um efeito de resfriamento total na comunidade acadêmica. Fermi começou a evitar a publicação de seus artigos em alemão e a desenvolver ligações com os americanos. Em 1938, a Itália começou sua própria campanha anti-semita; apesar de Fermi não ser especialmente político, ficou preocupado, devido ao fato de sua esposa Laura ser de origem judaica. Quando, mais tarde, no mesmo ano, recebeu o Prêmio Nobel por seu trabalho experimental em radioatividade artificial, decidiu emigrar para os Estados Unidos. Depois de viajar para Estocolmo, para receber o prêmio, não voltou a Roma, indo para Nova York, onde chegou no dia 2 de janeiro de 1939. Ocupou o cargo de professor de física na Universidade de Colúmbia e estabeleceu-se na cidade de Leônia, em New Jersey.

Em 1939, a descoberta da fissão — que Fermi havia quase ele próprio descoberto, muitos anos antes — revelou aos físicos a possibilidade dramática de criar uma reação em cadeia com grande potencial explosivo. Apesar de não ter reconhecido a fissão, quando experimentalmente bombardeava elementos com nêutrons, durante a década de 1930, Fermi desenvolveu uma intuição sobre o comportamento atômico que tocava o infalível. Mesmo declarando, em 1942, que não queria participar ativamente de início, Fermi começou a frequentar diariamente a Universidade de Chicago, tornando-se a figura central, tanto no desenvolvimento teórico, quanto no experimental, da bomba atômica.

Enrico Fermi se empenhou preliminarmente para construir uma “pilha atômica” (deu o nome a essa palavra) a fim de criar uma reação nuclear “auto-sustentada”, no Stagg Field, na Universidade de Chicago. Com o uso de urânio puro e óxido de urânio, a pilha possuía 18 toneladas de tijolos de grafite para difundir a reação nuclear através da estrutura, e com varas intersticiais de cádmio, para controle. Quando as varas foram removidas, em 2 de dezembro de 1942, a pilha se tornou “crítica” por 28 minutos. Foi a primeira reação nuclear em cadeia, controlada, feita no mundo.

Com o nome falso de Henry Farmer, Fermi passou a ser o conselheiro principal do Projeto Manhattan, em Los Alamos, no Estado do Novo México, no verão de 1944. Estava presente em Trinity, no teste de explosão da bomba, no dia 16 de julho de 1945. Uma anedota, repetida muitas vezes, diz que, antes da explosão, ele deixou pedaços pequenos de papel no chão, como maneira de medir a força da bomba, através do deslocamento dos pedaços de papel, causado pela explosão.

Fermi voltou para a Universidade de Chicago após a Segunda Guerra Mundial e ficou o resto de sua carreira como professor no Instituto de Estudos Nucleares. Uma força e uma eminência na ciência, Fermi foi como um ímã para os que estudavam física; muitos dos estudantes graduados que trabalharam com ele seriam futuros ganhadores do Prêmio Nobel, incluindo MURRAY GELL-MANN [45]. No final de sua vida, Fermi interessou-se pelo campo emergente das partículas físicas. Ele também viveu o suficiente para alcançar a Era

McCarthy. E, diferente de seu amigo EDWARD TELLER [88], testemunhou em favor de J. ROBERT OPPENHEIMER [87].

Fermi recebeu muitas honrarias durante a vida, incluindo várias que subexistem nos anais da física experimental. O *férmion* é uma partícula elementar que obedece à estatística de Fermi-Dirac; tanto os elétrons quanto os prótons são férmions. O elemento 100, na tabela periódica, descoberto em 1952, foi mais tarde chamado de *fermium*. O *fermi*, uma unidade de comprimento muito pequena — 10^{-13} cm — é usada em física nuclear.

Enrico Fermi morreu de câncer de estômago em 30 de novembro de 1954. Quando seu colega e biógrafo, Emilio Segrè, o visitou no hospital, Fermi estava medindo o fluxo de líquido do tubo intravenoso, contando as gotas de fluido e medindo o tempo com um cronômetro.



Leonhard Euler

& a Matemática do Século XVIII

(1707 – 1783)

O trabalho de Leonhard Euler soma e aumenta o sucesso da física newtoniana e representa o florescimento da matemática como ferramenta de análise. A astronomia, a geometria das superfícies, a ótica, a eletricidade e o magnetismo, a artilharia e a balística, além da hidrostática, são apenas algumas das matérias de Euler. Ele colocou, em forma moderna reconhecível, as leis de Newton sobre cálculo, trigonometria e álgebra. Foi um dos matemáticos mais prolíficos da história, tendo produzido mais de 850 artigos e livros. Sua produção não diminuiu, nem mesmo ao ficar cego, na velhice; depois de sua morte, a Academia de São Petersburgo continuou a

publicar seus artigos durante o meio século seguinte. Lendo suas populares *Cartas a uma Princesa Germânica*, hoje, pode-se notar um modelo de lógica, de exposição clara e de moralidade burguesa. “Esse é, na verdade, o melhor dos mundos possíveis”, escreveu Euler, “pois tudo nele serve para promover nossa salvação eterna.”

Leonhard Euler nasceu em Basel, na Suíça, em 15 de abril de 1707, filho de Margarete Brucker e de Paul Euler, que era pastor calvinista, havia estudado matemática com Jacob Bernoulli e estava numa posição de poder apreciar as qualidades de matemático de seu filho; inicialmente, parece que queria que Euler se formasse em teologia. Entretanto, as habilidades de Leonhard, incluindo, também, uma memória prodigiosa, logo apareceram; aprendeu álgebra antes que entrasse na adolescência. Aos 14 anos, em 1720, entrou para a Universidade de Basel, estudando medicina, teologia e humanidades, recebendo o equivalente a um título de bacharel em 1722 e um título de mestre em filosofia no ano seguinte. Mesmo depois de entrar para o departamento de teologia da universidade, continuou a dedicar muito de seu tempo à matemática, que, finalmente, adotou em definitivo.

Os Euler eram amigos da família Bernoulli, e Leonhard e os filhos de Jean Bernoulli, Daniel e Nicolas, ficaram íntimos amigos. Ambos os irmãos Bernoulli aceitaram posições acadêmicas na Rússia, a convite de Catarina I, e, em 1727, pediram a Euler que se juntasse a eles na Academia de Ciência. Inicialmente, e em consequência da morte de Catarina naquele ano, a situação de Euler não ficou muito segura; mas em 1730 foi nomeado professor de física e, três anos depois, professor de matemática. Mais tarde tomou parte na reforma russa de pesos e medidas, supervisionou o departamento de geografia e até escreveu livros-textos de matemática elementar.

Com a publicação do *Principia Mathematica*, por ISAAC NEWTON [1], em 1687, as possibilidades para a matemática se expandiram consideravelmente. Durante a década de 1730, Euler modificou em parte, em conjunto com Bernoulli, a linguagem e as notações de Newton, desenvolvendo alguns símbolos algébricos hoje familiares, bem como teoremas de trigonometria e de geometria. Seu tratado de 1736, *Mechanica*, representava o estado flores-

cente da física newtoniana, sob a rubrica da matemática, trazendo assim a mecânica para uma universalidade que, até então, possuía mais em princípio do que na prática.

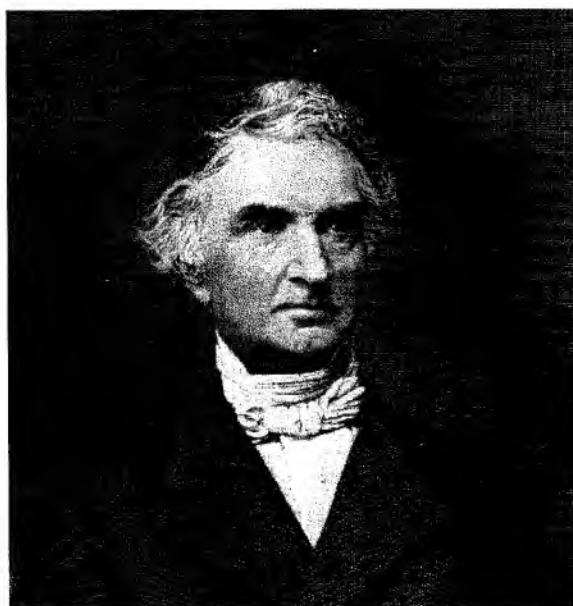
Em 1741, Euler deixou a Rússia para ser professor de matemática na Academia de Ciências de Berlim e para tomar seu lugar na corte do novo rei da Prússia, Frederico II (Frederico, o Grande). Ali Euler tornou-se rico e famoso, montando uma casa em Berlim e uma fazenda nos arredores. Seu tratado sobre o cálculo das variações apareceu em 1744, e sua *Introductio in Analysin Infinitorum*, impresso em 1748, é uma introdução à matemática pura, na qual Euler trata da álgebra, da teoria das equações e da trigonometria, bem como fornece um tratado sobre a geometria analítica. Também publicou os primeiros dois tratados completos sobre cálculo: *Institutiones calculi differentialis*, de 1755, e *Institutiones calculi integralis*, de 1768. O período que passou em Berlim foi extraordinariamente fértil, apresentando cerca de 275 publicações.

Apesar de Frederico, o Grande, ter feito uso considerável das habilidades de Euler para finalidades práticas, em problemas de engenharia e de finanças, Euler não era um personagem popular na corte. Frederico não entendia nada de matemática, e seu relacionamento, eventualmente, desandou. Euler publicou as *Cartas a uma Princesa Germânica*, uma série de lições de ciência natural, feitas para a princesa de Anhalt-Dessau. Esse livro foi um sucesso popular, sendo muito traduzido e várias vezes reimpresso durante o século XIX.

Em 1766, Euler aceitou a oferta da imperatriz do Iluminismo, Catarina, a Grande, que havia subido ao poder quatro anos antes, e retornou à Rússia. Euler foi recebido em grande estilo. Continuou a trabalhar, apesar de sua visão ter piorado; empregava seu filho para ajudá-lo a escrever as longas equações que conseguia reter na memória. E nenhum outro obstáculo o impediu de trabalhar na velhice. Apesar de sua casa ter sofrido um incêndio, seus manuscritos foram salvos; embora algum esforço para voltar a ter visão fosse bem-sucedido, finalmente ficou completamente cego. Euler morreu de um derrame, em 18 de setembro de 1783, depois de passar o dia calculando a órbita do planeta Urano, recém-descoberto por WILLIAM HERSCHELL [27]. Suas últimas pa-

lavras, enquanto brincava com um dos seus netos, foram: “Eu morro.”

Um calvinista muito rígido, Euler lia um capítulo da *Bíblia* para sua grande família todas as noites — complementado com alguma forma de exortação. Era burguês de aparência e não se importava nada com o aparecimento de pensadores do Iluminismo, como Voltaire. Sir David Brewster escreveu sobre Euler em 1833: “Em todos seus hábitos, era sóbrio e equilibrado; e sua disposição, agitada e alegre. Há muito o que admirar em seu caráter moral e religioso.” Quando sua primeira mulher, Katharina Gsell, morreu em 1776, após um casamento longo e feliz, Euler se casou logo com a meia-irmã dela, Salomé.



Justus Liebig & a Química do Século XIX

(1803 – 1873)

A química prática se desenvolveu em uma velocidade assustadora durante o século XIX. Justus von Liebig, um dos fundadores e um de seus personagens dominantes, fez descobertas decisivas no campo emergente da química orgânica, descobrindo uma quantidade de compostos, tais como o clorofórmio e os cianetos, e seu famoso laboratório efetuou milhares de análises. O trabalho de Liebig foi um fator importante no sucesso da indústria alemã de produtos químicos e de corantes. No meio de sua carreira, dedicou-se à química da agricultura, moldou um novo entendimento sobre os fertilizantes e incrementou seu uso. Não estabeleceu a teoria básica, que, em quími-

ca, geralmente ficava sempre bem atrás da grande quantidade de fatos novos e das descobertas, mas seu trabalho influenciou de maneira fundamental os campos da fisiologia e da medicina. "Liebig não é um operador da química", exagerou um químico americano, Eben N. Horsford. "Liebig é a própria química."

Nascido em 12 de maio de 1803, em Darmstadt, a capital do Grão-Ducado de Hesse, perto de Frankfurt, Justus Liebig foi um dos nove filhos de Johann Georg Liebig e de Maria Korline Moserin Liebig. O pai comerciava produtos químicos secos — negociando com carnes-secas e outros alimentos — e misturava alguns de sua própria produção. Como resultado, Justus ficou familiarizado desde cedo com a química prática. Apesar de ler com voracidade, disse ele mais tarde, não sabia, ao certo, se era um bom aluno, em seus primeiros dias de escola. Quando sua família tornou-se relativamente empobrecida, durante um período de crise econômica em torno de 1817, Justus colocou-se como aprendiz de um farmacêutico. De acordo com uma biografia recente, Liebig, posteriormente, inventou a lenda que creditava às explosões químicas inesperadas o término de seu aprendizado, enquanto que a verdadeira razão traduzia-se na impossibilidade de seu pai em pagar as taxas necessárias.

De volta à loja de seu pai, Liebig, por acaso, ficou amigo do conhecido químico Karl Wilhelm Kastner. Como resultado, Liebig tornou-se seu assistente e logo depois conseguiu bolsas para a Universidade de Bonn e de Erlangen. Aí sua precocidade foi reconhecida e demonstrada, enquanto que, de sua parte, Liebig não ficou impressionado com o "método filosófico" da análise química usada na Alemanha — influenciada, como era, pela *Naturphilosophie*, a teoria romântica e especulativa sobre a natureza.

Foi concedida a Liebig outra bolsa para estudar em Paris, numa época em que a França ainda era o país mais avançado em química. Lá, aprendeu com Gay-Lussac, e com outros, novos métodos de análise química. Recebeu um Ph.D. honorífico, *in absentia*, da Universidade de Erlangen, em 1822, quando tinha apenas 19 anos. Em Paris encontrou-se com o geógrafo e explorador Alexander von Humboldt, que o ajudou a obter um convite do grão-duque de

Hesse, para a Universidade de Geissen, em 1824. Liebig ficaria em Geissen por 28 anos.

Durante o século XIX, o vasto potencial econômico da química foi reconhecido, na proporção em que as matérias-primas, descobertas nas aventuras imperialistas, começavam a ser usadas para o serviço do capitalismo industrial que se desenvolvia rapidamente. A crosta da Terra entregava suas riquezas para os geólogos, ao serem descobertas, classificadas e mineradas, como uma cornucópia de metais — que hoje chegam a cerca de três mil. E coube à química, uma ciência nova e não totalmente competente, analisar suas composições.

Depois de retornar à Alemanha, em 1824, Liebig descobriu que uma virtual revolução havia começado na química orgânica e logo se transformou em personagem principal. Quando Friedrich Wöhler verificou que a análise química do cianato de prata era idêntica à do fulminato de prata, de Liebig, os dois inicialmente pensavam que ao outro cabia um erro, pois as duas substâncias possuíam características muito diferentes. Mas, em 1826, quando compararam suas experiências, concordaram em que ambas estavam corretas e chegaram a um conceito fundamental: a grande profusão de compostos químicos, por todo o mundo, deve-se a combinações múltiplas de alguns elementos simples — especificamente o oxigênio, o hidrogênio, o nitrogênio e o carbono.

Por volta de 1831, Liebig havia desenvolvido métodos de estimar as várias quantidades de carbono e hidrogênio em qualquer composto. Além disso, em 1834, estabeleceu a base para a Teoria dos Radicais — compostos estáveis que reagem como átomos numa reação química —, uma simplificação necessária e fundamental.

Em meados da década de 1830, Liebig havia se estabelecido como a maior força da química na Alemanha. Publicava uma importante revista de química, os *Annalen der Chemie und Pharmacie*, e tinha uma posição acadêmica que atraía estudantes de toda a Europa. O governo, ciente de seu crescente significado, concordou rapidamente com as demandas de Liebig para um orçamento maior. Seu bem equipado laboratório em Geissen tornou-se a Meca para os jovens químicos que aprendiam os métodos de Liebig e logo se engajavam em pesquisas originais. Liebig oferecia a seus alunos uma

série de conferências para orientá-los em sua teoria e método de análise e, em seguida, dava uma introdução ao trabalho de laboratório. Cerca de 450 químicos e mais de 300 farmacêuticos foram treinados em Geissen.

Depois de 1838, Liebig dirigiu-se para o que atualmente seria chamado de bioquímica e de química referente à agricultura. Seu livro *Química Orgânica e sua Aplicação na Agricultura e na Fisiologia*, publicado em 1840, logo ganhou reputação internacional e foi amplamente traduzido. Liebig era fortemente contrário à teoria do húmus, pela qual o solo não é encarado como um nutriente, mas como um estimulante das plantas, absorvendo e transformando o carvão, que se mudava nos minerais encontrados no solo. O contrário é o verdadeiro. A análise de Liebig conseguiu mostrar que as plantas, através de reações químicas, na verdade tiram os minerais do solo.

Além de aconselhar os fazendeiros a retornarem com os dejetos humanos e de animais para o solo, como esterco, Liebig desenvolveu fertilizantes químicos, contendo potássio e fósforo. Inicialmente, obteve resultados que o desapontaram seriamente, porque usou compostos insolúveis; numa determinada época, patenteou um fertilizante que era um desastre, mas que foi comercializado na Alemanha e na Grã-Bretanha. Quando os nutrientes foram colocados na forma solúvel, entretanto, a performance aumentou muito, e a indústria de fertilizantes químicos da Alemanha se expandiu enormemente. “Se eu posso transmitir ao fazendeiro os princípios da nutrição das plantas, da fertilidade do solo e das causas da exaustão do solo”, escreveu Liebig, “uma das tarefas de minha vida terá sido cumprida.”

A influência de Liebig espalhou-se para bem além das fronteiras da química orgânica ou da química agrícola. Era então um personagem bem conhecido do público de seu tempo — eventualmente recebeu um título de nobreza — e, para as classes médias em crescimento, escreveu artigos sobre os problemas cotidianos, tais como a maneira pela qual a carne deveria ser cozinhada. Mais significativo ainda foi o impacto benéfico de seu trabalho na medicina. Ao oferecer uma nova perspectiva química para o entendimen-

to da saúde, deu considerável base para posteriores desenvolvimentos no século XIX.

Após deixar a Universidade de Geissen em 1852, Liebig passou o resto de sua carreira ensinando na Universidade de Munique. As realizações foram muitas, mas não comparáveis a seu trabalho anterior. Atualmente, seu laboratório em Geissen é um museu, e muitos de seus aparelhos estão preservados. Durante um certo período, havia também uma estátua do grande químico, concebida com um duvidoso gosto burguês, mas que foi destruída por bombas durante a Segunda Guerra Mundial.

Combativo e altamente carismático, Liebig era muito admirado por seus alunos. Na verdade, causava-lhes uma impressão tão forte que, quando preparou ácido anidro pela primeira vez, pediu a vários deles que apresentassem seus braços nus. Eles assim o fizeram, sem objeções, enquanto era aplicado o líquido corrosivo em suas peles. “Esse era o espírito de corpo que ele criava e sustentava”, escreveu J. B. Morrell, que também cita vários elogios a Siebig. “Como todos os grandes generais, de todas as épocas”, declarou um de seus alunos, “Liebig era o espírito e também o líder de seus batalhões, e via-se seguido tão entusiasmadamente, tal só poderia acontecer por ser ele muito admirado, e amado, ainda mais.”

Liebig morreu em 18 de abril de 1873.



Arthur Eddington & a Astronomia Moderna

(1882 – 1944)

O astrônomo britânico Arthur Eddington dirigiu as teorias da relatividade e do átomo para o firmamento. Seu trabalho levou a um novo entendimento: o da estrutura e do conteúdo do universo, bem como da evolução e da composição do espaço e das estrelas. Já em 1917, Eddington propôs serem os processos nucleares que dão às estrelas a sua fonte de luz, idéia que foi comprovada 20 anos mais tarde. Como personagem proeminente da ciência britânica, Eddington em 1919 conseguiu organizar as expedições que fotografaram o eclipse solar e deu a prova experimental da Teoria Geral da Relatividade de Einstein. Durante a década de 1920, desenvolveu a

fórmula matemática que relacionava a intensidade do brilho da estrela, ou a luminescência, com sua massa. O suporte que deu para a existência de matéria interestelar provocou um ímpeto decisivo para que esta continuasse a ser estudada. De 1913 até sua morte, Eddington foi professor Plumian de astronomia na Universidade de Cambridge, onde, como escreve o historiador John North, “era um estímulo incomparável no mundo da astrofísica”.

Arthur Stanley Eddington nasceu em 28 de dezembro de 1882, na região de Westmoreland, em Kendal, na Inglaterra. Seu pai, Arthur Henry Eddington, era diretor de colégio, falecendo em 1884, e sua mãe foi Sarah Ann Shout. Depois da morte do marido, Mrs. Eddington voltou com a família para sua terra natal, Somerset, na qual Arthur conseguiu uma boa educação, apesar da sua circunstância de relativa pobreza. Da mesma maneira que JOSEPH J. THOMSON [31], descobridor do elétron, Eddington cursou o Owen's College (atualmente, a Universidade de Manchester), formando-se em 1902, com um diploma em física. Com a ajuda de uma bolsa, Eddington transferiu-se para o Trinity College, em Cambridge, onde se distinguiu em matemática. Um de seus professores em Trinity seria Alfred North Whitehead, que desenvolveu uma grandiosa elaboração de teorias, as quais teriam seu lugar mais tarde na carreira de Eddington. Em 1907 foi eleito sócio do Trinity.

Em 1906, Eddington foi nomeado assistente-chefe do Observatório Real de Greenwich. Durante os sete anos seguintes recebeu uma excepcional educação prática em astronomia. Fez duas viagens de campo; uma a Malta, em 1906, e outra ao Brasil, em 1912, como chefe de uma expedição para observar o eclipse solar. Também estudou o movimento e a distribuição das estrelas, de grupos de estrelas e das nebulosas; em 1910, publicou um catálogo contendo algo como 6 mil estrelas. No livro *Stellar Movements and the Structure of the Universe*, uma coleção de artigos, publicada em 1914, Eddington sugeriu — corretamente, como depois provado — que as nebulosas espirais distantes eram, na realidade, galáxias fora da Via-Láctea. Por volta de 1913, já uma personalidade importante da pesquisa astronômica, Eddington mudou-se para a Universidade de Cambridge e, um ano mais tarde, passou a ser o diretor do observatório daquela universidade.

A maioria das estrelas — e o Sol é um bom exemplo — são esferas de gás, emitindo luz e calor, e com uma estabilidade nada comprovada. Por que, então, não se queimam totalmente ou entram em colapso? Por volta de 1917, Eddington trabalhava numa teoria sobre a composição interna das estrelas, invocando a física atômica e a Teoria Especial da Relatividade. Desenvolveu uma fórmula, utilizando a idéia de que a formação estelar é uma transformação de energia em matéria. Eddington publicou seus cálculos em 1924, dando a relação correta entre a massa de uma estrela e sua luminosidade, e sugerindo qual seria a composição das estrelas brancas anãs, que são totalmente queimadas e que já entraram em colapso.

Em 1926 publicou o livro *The Internal Constitution of the Stars*, em que apresentou a hipótese geral de que a energia nuclear seria a fonte da energia estelar. Mais especificamente ainda — e isso parecia uma hipótese, embora provada correta, muito audaciosa, por ser intuitiva e suportada pela teoria, mas não totalmente pela experiência — Eddington insistia em que, no âmago central das estrelas, excepcionalmente quente, os átomos se fundiam, liberando energia. Enquanto o invólucro externo das estrelas, mais frio, está no ponto de entrar em colapso pela força da gravidade, os átomos em fúria, em seu âmago central, criam uma contrapressão que resulta na estabilidade.

Duas descobertas posteriores em astrofísica provaram que a idéia de Eddington estava essencialmente correta. Em 1928, George Gamow e outros calcularam o “efeito túnel”, mostrando que, pelos princípios da Teoria Quântica, os átomos poderiam se comportar da maneira sugerida por Eddington. E uma década depois, quando HANS BETHE [58] desenvolveu a famosa equação para o ciclo do carbono dentro do Sol, demonstrou como os núcleos de hidrogênio e de carbono se combinavam para se transformar em hélio, liberando tremenda quantidade de energia, mas que se recombinavam, de maneira cíclica, de modo a sustentar a reação por mais de um bilhão de anos. Mais tarde, já durante o século XX, foram construídos modelos ainda mais sofisticados para a formação estelar.

Desde o final do século XIX, os astrônomos haviam acumulado provas de que o espaço contém matéria negra, e esta não constitui, de nenhuma maneira, um vazio ou um vácuo. Fluxos de escuridão

e de absorção espectral, indicando a presença de gases, levaram à conjectura da matéria interestelar — junto à relutância de elaborar uma hipótese a respeito de sua existência. Em 1926, Eddington fez uma conferência na Real Sociedad, na qual discorreu sobre *A Matéria Difusa no Espaço*. Ao interpretar provas fotográficas e espectroscópicas, ele afirmou sua convicção de que a matéria interestelar — em grande parte sob a forma de pó atômico — deve, com certeza, estar espalhada através do espaço. “Uma vez apoiada por uma autoridade tão augusta, como Eddington”, escreve Marcia Bartusiak, no livro *Through a Universe Darkly*, “a idéia de matéria interestelar — gás e poeira — passou a ser muito mais aceitável.” Sua existência foi claramente demonstrada alguns anos mais tarde, em 1930.

Coincidindo com seu trabalho em astrofísica, Eddington transformou-se no personagem central da Teoria Geral da Relatividade de Einstein, ao providenciar a prova experimental da teoria para a aceitação anglo-americana. Einstein havia anunciado sua teoria relativa à natureza da gravidade, em 1915, durante a Primeira Guerra Mundial, e a comprovação teve de esperar até o armistício. Como a teoria prediz que a luz de uma estrela teria uma deflexão e que poderia ser medida quando passasse por um grande corpo celeste, tal como o Sol, um teste experimental para verificar essa teoria poderia ser efetuado durante um eclipse solar. Então, com a luz do Sol bloqueada pela Lua, as estrelas, mais além, poderiam ser vistas. Em 1918, Eddington escreveu um *Relatório sobre a Teoria da Gravidade*, que foi o primeiro trabalho genérico, em inglês, sobre o assunto. No ano seguinte, ele próprio dirigiu uma expedição à Ilha do Príncipe, perto da costa da África Oriental, enquanto outros astrônomos observaram o eclipse no nordeste do Brasil, em Sobral. Os princípios newtonianos antecipavam certos números para a deflexão da luz; a Teoria da Relatividade predizia outros. A teoria de Einstein provou ser a correta, e o resultado foi anunciado na Royal Astronomical Society, em Londres, a 6 de novembro de 1919. Muitos anos mais tarde, Eddington publicou o livro *Mathematical Theory of Relativity*, que Einstein acreditava ser a melhor explicação de sua teoria, seja em inglês ou em qualquer língua.

A maior parte dos trabalhos de Eddington, depois do final da

década de 1920, é de certa forma acessível e de linguagem simples. Suas *Gifford Lectures*, apresentadas em 1927 na Universidade de Edimburgo, tornaram-se o livro *The Nature of the Physical World*, um *best-seller* do início da Grande Depressão. Seu livro *Expanding Universe*, publicado em 1933, é um dos primeiros a ser moda sobre a moderna cosmologia, recém-introduzida pela teoria de Einstein. Ele também escreveu os livros *New Pathways in Science* e *The Philosophy of Physical Science*. Um bom escritor, Eddington já havia sido chamado de “o autor com o maior poder de popularizar de sua época”, apesar de ter uma característica mística que não agradava a todos seus contemporâneos. Conquanto tivesse admiração por Eddington, ERNEST RUTHERFORD [19] chamou seu livro, de 1930, de “estranho; ele é como um místico religioso e não está de todo lá. Eu não lhe dou atenção”.

Na verdade, Eddington, o filósofo, não era contrário a comentar sobre a religião mística. “A idéia de que uma Mente ou um Logos universal exista me parece uma inferência bem plausível do estado atual da teoria científica; pelo menos, está em harmonia com ela.” Mesmo assim, Eddington — um Quaker — nada oferece, exceto um “panteísmo sem cor”, acrescentando: “A ciência não pode definir se um espírito-mundo é bom ou ruim, e seus argumentos, claudicantes para a existência de um Deus, podem igualmente ser mudados em argumentos para a existência de um demônio.”

Eddington foi um solteirão durante toda sua vida; morava com sua mãe e irmã, e tinha fama de ser muito tímido e reticente. Mas não era contra freqüentar clubes noturnos com mulheres bonitas. Grace, a mulher de Edwin Hubble, conseguiu que ele se abrisse, com relação a histórias de detetive, em que preferia Agatha Christie a Dorothy Sayers. Era espirituoso e uma vez declarou, depois de dar um efeito numa bola, no campo de golfe: “O espaço parece ter uma grande curvatura nessa região.” Recebeu muitas honrarias, sendo até foi feito cavaleiro em 1930, e ganhou a Ordem do Mérito em 1938. Morreu relativamente jovem, com 61 anos, em 22 de novembro de 1944.



William Harvey & a Circulação do Sangue

(1578 – 1657)

Nos tempos romanos, o brilhante médico grego Galeno achava que o fígado era o órgão principal do corpo. Ele acreditava ser esse o local onde os alimentos eram transformados de *chyle* em sangue e enviados para nutrir o restante do corpo. Galeno reconheceu a importância do coração e notou a construção diferente das veias e das artérias (as últimas têm muito mais músculos). Mas ele pensava que, enquanto a maior parte do sangue fluía pelas veias, as artérias continham, em sua maior parte, “espíritos vitais”, produzidos pelo ar aspirado. O conceito complexo de Galeno versava sobre absorção e irrigação e baseava-se na noção de propósito e de perfeição na

Natureza. Isso encaixava perfeitamente com os ciclos da agricultura, e, portanto, conduzia ao pensamento medieval. Mas esse pensamento não durou mais do que o próprio William Harvey; para ele, então, ficou, enquanto a Renascença chegava ao fim, a formulação necessária para explicar a circulação do sangue. Ao realizar essa tarefa, deu o primeiro passo para uma fisiologia moderna.

William Harvey nasceu em Folkestone, na Inglaterra, em 1º de abril de 1578, filho mais velho de Joan e de Thomas Harvey. Seu pai era um próspero negociante, e cinco dos irmãos de William cresceram e vieram a ser comerciantes importantes. Na King's School, em Canterbury, William tornou-se fluente em latim e em grego; com a idade de 16 anos, em 1593, conseguiu uma bolsa para o Gonville and Caius College, em Cambridge, no qual estudou medicina e artes. Apesar de seu treinamento em medicina não ter sido excepcional, Harvey provavelmente observou algumas dissecações de criminosos executados. Recebeu seu diploma de bacharel de artes em 1597.

Do mesmo modo que outros personagens da ciência na Renascença, Harvey cursou a Universidade de Pádua, o grande local secular de aprendizado, onde ANDREAS VESALIUS [21] havia ensinado, meio século antes. Significativamente, Harvey ficou sob a tutela de Fabricius ab Aquapendente, um anatomista célebre. Apesar de Fabricius reconhecer a existência de válvulas nas veias, acreditava que elas diminuía o fluxo de sangue para a periferia do corpo — uma interpretação galênica. Harvey reconheceria depois o contrário, que as válvulas ajudam o fluxo de sangue a voltar para o coração.

Retornando para a Inglaterra em 1602, já com seu diploma de médico, Harvey logo se casou com Elizabeth Browne, filha do Dr. Lancelot Browne, médico da rainha Elizabeth I e, mais tarde, de James I. Não foi surpreendente que Harvey logo tivesse uma clientela importante, também se tendo associado ao hospital de St. Bartholomew. Em 1607 foi eleito para o Colégio Real de Médicos, onde, em 1615, foi nomeado conferencista Lumleian em anatomia e cirurgia. Fez suas primeiras conferências em 1616. Muitos dos artigos de Harvey foram perdidos, mas algumas de suas notas para essas conferências, redescobertas em 1876, depois de mais de dois

séculos, mostram que ele já estava discutindo a função do coração e da circulação do sangue.

De Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus (Sobre o Movimento e a Circulação do Sangue em Animais) foi publicado em 1628. É um tratado curto, em duas partes, um modelo de clareza, no qual Harvey, primeiramente, faz uma descrição de como o coração e o sistema arterial funcionam e, em seguida, apresenta seus argumentos em defesa da circulação do sangue. O método de investigação de Harvey era mais empírico do que o de Galeno: não podendo dissecar corpos humanos, tinha de se contentar com animais mortos, tais como macacos. Igualmente importante, entretanto, foram as observações de Harvey em animais que havia aberto enquanto estavam ainda vivos. Examinou porcos, cães, bodes e também animais de escala inferior, incluindo camarões e pintos ainda em gestação. Isso permitiu que ele mostrasse que o coração, quando se contraía, expelia o sangue e que isso, e nada mais, seria responsável pelo pulso. Era, fez notar, “exatamente o contrário dos pontos de vista comumente aceitos”. Demonstrou que o sangue entrava no coração através da veia cava, sendo, então, bombeado para a aorta.

Além de depender de observações e de demonstrações, Harvey fez uso de explicações quantitativas. Calculou a quantidade de sangue que o coração bombeava para o sistema arterial, baseado na estimativa da capacidade por batida, de duas onças fluidas e de 72 batidas por minuto. Mas isso era uma quantidade enorme. Em uma hora, 2 onças x 72 batidas x 60 minutos é igual a 8.640 onças, ou 540 libras (245 quilos, aproximadamente). O fígado, Harvey raciocinava, não teria possibilidade de fabricar tanto sangue; e o sangue, propriamente dito, passava do sistema arterial para o venoso. Esta deve ter sido uma das induções iniciais mais importantes e mais válidas da ciência moderna. Sem um microscópio, Harvey não podia ver o que ligava as artérias e as veias, mas percebeu que uma ligação devia existir e assim predisse a descoberta dos “poros”. Uma geração mais tarde, em 1660, MARCELLO MALPIGHI [39] descobriu os vasos capilares.

Embora o *De Motu* tenha sido atacado em algumas áreas, sua validade não podia ser facilmente ignorada. Harvey logo recebeu completo reconhecimento pela importância da sua descoberta, des-

crita por um contemporâneo como “suficiente para fazer virar toda a medicina, do mesmo modo que a descoberta do telescópio virou a astronomia de cabeça para baixo...”

William Harvey tornou-se o médico oficial do rei James I, em 1618, e de Charles I, até ser este decapitado, em 1649. Como monarquista, Harvey perdeu muitos de seus artigos, incluindo os que tinham a ver com o estudo dos insetos, quando sua casa foi saqueada durante a guerra civil. Fora o *De Motu*, o único trabalho de Harvey publicado e de interesse é um estudo sobre a embriologia, único importante para sua época, mas sem o significado revolucionário de seu trabalho sobre a circulação do sangue.

O significado de William Harvey para a ciência e para a medicina se mantém, mesmo depois de quase quatro séculos — embora possa ter sido superavaliado, numa determinada época, como um exemplar da excelência científica britânica. I Bernard Cohen sugere que, apesar de não levar diretamente a grandes novos avanços técnicos na medicina, o trabalho de Harvey “passa todos os testes de uma revolução na ciência”. Em certos aspectos, pode ser adicionado que Harvey não era um cientista moderno, mas pertencia a uma tradição teológica aristoteliana, influenciado principalmente pelos anatomistas de Pádua, com os quais havia estudado na juventude. Mas o avanço que ele representa sobre os conceitos anteriores é muito claro: “Não digo que aprendo e ensino anatomia com base nos axiomas dos filósofos”, escreveu Harvey na introdução do *De Motu*, “mas sim com base na dissecação e na malha da Natureza.”

De acordo com o *Brief Lives*, de James Aubrey, William Harvey possuía baixa estatura, uma tez morena e cabelos bem negros, que ficaram brancos, cerca de 20 anos antes de sua morte. Pouco se sabe de confiável sobre sua personalidade, mas na velhice, quando tratava de aquecer seu sangue, Harvey tinha a ajuda de “uma moça jovem e bonita”. Harvey morreu em 3 de junho de 1657 de derrame e está enterrado na Hempstead Church, em Essex.



Marcello Malpighi & a Anatomia Microscópica

(1628 – 1694)

O médico e anatomista italiano Marcello Malpighi é o fundador da anatomia microscópica. Suas extensas investigações criaram a histologia e o estudo dos tecidos, além de provocarem grande impacto em muitos campos, como na botânica, zoologia e embriologia. A mais famosa descoberta foi a dos vasos capilares em 1661, o que trouxe à luz o elemento ausente da teoria de William Harvey sobre a circulação do sangue, mostrando como o sistema arterial estava ligado ao sistema venoso. Equipado com um microscópio, Malpighi também efetuou alguns dos primeiros estudos cuidadosos da medula, dos rins, do baço, do cérebro, da pele, da língua e forneceu

descrições minuciosas, nunca antes expostas, de embriões de animais e de insetos em seus estados larvais. Apesar de ter passado a maior parte da vida como professor em Bolonha, seus escritos “poderiam ter sido chamados de ‘Viagens com o Microscópio’”, escreve Daniel Boorstin, “pois seu trabalho era um diário de miscelâneas, de um viajante, num mundo invisível a olho nu”.

Pouco se sabe sobre a infância de Malpighi. Nasceu em Crevalcore, no norte da Itália, em 10 de março de 1628. Seus pais eram prósperos o suficiente para que ele pudesse cursar o colégio, com vistas a uma educação universitária, e ele completou os “estudos gramaticais” em 1645. Enquanto cursava a Universidade de Bolonha, fez parte da sociedade anatômica de um conhecido anatomista, Bartolomeo Massari, do qual ficou íntimo — casando-se, na verdade, com a irmã de Bartolomeo —, e iniciou suas primeiras dissecações de animais. Em 1653, Malpighi obteve seu doutorado em medicina e filosofia.

Na Universidade de Pisa, onde Malpighi tornou-se professor de medicina teórica em 1656, fez amizade com Giovanni Alfonso Borelli. Este, um matemático que deu os passos iniciais para descrever as funções do corpo, usando as leis da física — famoso por ter mostrado como os pássaros voam —, influenciou profundamente Malpighi — os dois eram colaboradores mútuos e íntimos — até se desentenderem em 1668. Em torno de 1659, Malpighi voltou para Bolonha, onde passou a dar conferências sobre medicina prática e teórica; entre 1662 e 1666 ensinou na Universidade de Messina, daí voltando a Bolonha, onde ficou até 1691.

As observações por ele realizadas, usando o recém-inventado microscópio, para examinar as estruturas invisíveis da maior parte dos corpos, constituíram o trabalho principal da vida de Malpighi. Ainda estudante, impressionava-se com o trabalho de William Harvey sobre a circulação do sangue, surgido no ano de seu nascimento. Em duas cartas dirigidas a Borelli, publicadas em 1661 sob a forma de um livro, *De Pulmonibus Observationes Anatomicae* (*Observações Anatômicas dos Pulmões*), Malpighi descreveu a existência de “pequenos tubos” na superfície dos pulmões e da bexiga dos sapos e das tartarugas. “Eu podia ver com clareza que o sangue é dividido e flui através de vasos tortuosos”, escreve Malpighi, “e que não é lançado nos espaços, mas

sempre empurrado através de pequenos tubos e distribuído pelas várias curvaturas dos vasos...” Ao extrapolar esses resultados para os seres humanos, Malpighi vingou os pontos de vista de Harvey, quatro anos após a morte deste.

Com a ajuda da microscopia — tanto Robert Hooke quanto ANTON VON LEEUWENHOEK [55] foram contemporâneos — Malpighi fez muitas descobertas que refletem fortemente o modo de pensar da alta Renascença. Essas descobertas indicavam as mudanças radicais na maneira como o corpo humano era encarado e experimentado. Malpighi descobriu as papilas do sabor, na língua, e as camadas pigmentais da pele; verificou a coluna vertebral e, em 1665, em seu livro *De Cerebro*, expôs como os feixes de fibras nervosas se dirigiam à coluna vertebral e eram ligados ao cérebro. Deu seu nome a certas estruturas dos rins e do baço e à camada mais interna da pele dos mamíferos, que se tornou conhecida como *camada de Malpighi*. Descreveu os sintomas da doença de Hodgkins dois séculos antes de Thomas Hodgkin.

Malpighi era zoologista e botânico, examinando a organização das plantas e dos insetos, e também embriologista. Em 1673, ano em que Leeuwenhoek começou a enviar cartas para a Real Sociedade em Londres, Malpighi publicou o *De Formatione Pulli (Sobre a Formação do Pinto no Ovo)*. Seu estudo sobre a mariposa do bicho-da-seda foi o primeiro exame detalhado realizado em qualquer inseto, e sua precisão é óbvia, pela avaliação de F. J. Cole, quando escreveu que Malpighi “fez a anatomia de todas as fases da espécie; mas, além de sua excepcional e cuidadosa observação da genitália da mariposa, a larva teve a maior parte de sua atenção, e neste estágio é que seus estudos mais importantes e novos foram feitos”.

Apesar de ter obtido renome com seu trabalho, Malpighi foi atacado algumas vezes pelos religiosos; por volta de 1700, entretanto, suas descobertas não podiam mais ser contestadas. Quando, em 1684, um incêndio destruiu os microscópios de Malpighi, ele recebeu consolo da Real Sociedade, que lhe enviou lentes novas. E, em 1691, Inocente XII, um papa reformador, solicitou a Malpighi que se tornasse seu médico particular. Foi uma tarefa com a qual Malpighi concordou, mas com certas reservas. Mudou-se para

Roma e lá ficou os três últimos anos de sua vida. Malpighi havia sempre dito a seus amigos que esperava morrer com “suas botas nos pés”. Seu fim foi causado por um derrame convulsivo, no dia 29 de novembro de 1694. Seus amigos cuidadosamente dissecaram seu corpo, e seus restos mortais foram enviados para Bolonha, onde ficaram enterrados.



Christiaan Huygens & a Teoria de Onda da Luz

(1629 – 1695)

Historicamente situado entre ISAAC NEWTON [1] e GALILEO GALILEI [7], encontra-se Christiaan Huygens, o grande matemático, astrônomo e cientista natural holandês. É mais lembrado, atualmente, por sua teoria de onda da luz, inicialmente ignorada, mas enfim aceita pela linha científica, com a descoberta de JAMES CLERK MAXWELL [12], no final do século XIX, de que a luz faz parte do espectro eletromagnético. Mas, em sua época, Huygens era conhecido por descobertas em muitos campos. O relógio de pêndulo, por ele inventado, constituiu um grande avanço na medida do tempo e foi adaptado e usado por muitos cientistas por toda a Europa. Como astrônomo, Huygens

anos depois, revitalizaram a teoria das ondas de Huygens. Até o início do século XIX, cresceu o suporte para a teoria que eventualmente se transformaria em parte da teoria da radiação eletromagnética de James Clerk Maxwell. A premissa de Maxwell, de que as ondas de luz se propagavam através de um “éter” invisível, ficou obsoleta com a teoria especial da relatividade, apresentada por ALBERT EINSTEIN [2] em 1905. Mas a descrição da luz em ondas se fixa atualmente como parte da Teoria Quântica, pela qual a luz pode ser descrita, seja como ondas, seja como partículas.

Christiaan Huygens era um pouco distanciado de seus contemporâneos. Diziam que ele não tinha o temperamento de um revolucionário e que de qualquer maneira não andava nos círculos onde poderia ter formado discípulos. Como protestante, encontrou hostilidade em Paris e voltou para a Holanda em 1681. Um solteirão por toda a vida, morreu a 8 de junho de 1695, em Haia.

Uma menção deve ser feita sobre um trabalho póstumo de Huygens, intitulado *Cosmotheoros*, publicado três anos depois de sua morte, que inclui as especulações sobre a vida extraterrestre. Convencido do sistema de Copérnico, Huygens achava que, com a Terra não mais no centro do universo, a questão da vida em outros planetas precisava ser examinada. Argumentava que seres vivos, muito parecidos com a humanidade, deveriam existir ou, então, o universo não teria sentido, e a Providência seria destituída de razão, “pois, de outra maneira, nossa Terra teria muita vantagem sobre todos, sendo a única parte do universo que podia se vangloriar de tal Criatura, tão acima, não só das plantas e das árvores, mas também de todos os animais existentes”.



Carl Gauss & o Gênio Matemático

(1777 – 1855)

Um dos maiores cientistas matemáticos, Carl Gauss deu contribuições fundamentais para a teoria dos números, para a geometria, para o estudo das probabilidades, para a estatística, e fez descobertas importantes em astronomia e em eletromagnetismo. Também produziu avanços práticos na arte de fazer mapas e nos levantamentos topográficos, sendo uma de suas invenções uma versão inicial do telégrafo. A antecipação da geometria não-euclidiana — que se tornou importante, um século depois que ele a concebeu — é uma de suas realizações mais notáveis. Sua posição, especialmente no campo da matemática pura, permanece extremamente relevante.

“Até hoje”, escreve Michio Kaku, “se for pedido a qualquer matemático que classifique os três matemáticos mais famosos na história, os nomes de Arquimedes, Isaac Newton e de Carl Gauss invariavelmente aparecerão.”

Carl Friedrich Gauss nasceu de uma família pobre, em 30 de abril de 1777, no ducado de Brunswick, que fazia parte da Alemanha. Seu avô paterno não passava de um camponês, e seu pai, Gerhard Diedrich Gauss, trabalhava como jardineiro, pedreiro e limpador de canais. Um homem honesto, mas sem instrução e que teria preferido manter seu filho sem qualquer educação. Entretanto, a mãe de Carl, Dorothea, quando comunicada que seu filho seria o maior matemático da Europa, debulhou-se em lágrimas. De acordo com a maioria dos registros, Dorothea era uma mulher com vontade férrea e que o encorajava, mantendo-se orgulhosa do filho, até a morte, quando estava sob os cuidados dele, com a idade de 97 anos.

Um verdadeiro prodígio matemático, Gauss podia somar, com a idade de três anos, quando começou a corrigir as contas de seu pai. Enviado para uma escola provincial aos sete anos, começou as aulas de aritmética, dois anos mais tarde. Conta-se uma história que o professor passou para a classe um trabalho de casa: somar os primeiros 100 números inteiros. Gauss imediatamente percebeu o princípio da progressão aritmética, escreveu a resposta e, enquanto o professor terminava as somas, jogou sua lousa dizendo: “*Ligget se*” (*Lá ela jaz!*). Por volta dos 12 anos, depois de ser instruído por um professor particular, Gauss já podia perceber as limitações dos axiomas de Euclides e não muito depois previu a possibilidade da geometria não-euclidiana que, mais tarde, veio a aceitar em particular.

Com a ajuda financeira do duque de Brunswick e contra os desejos de seu pai, Gauss começou a cursar o ginásio local, o Collegium Carolinum, em 1792. Lá estudou os trabalhos de LEONHARD EULER [35], de Lagrange e de ISAAC NEWTON [1]. Apesar de possuir uma tendência impressionante para línguas, Gauss decidiu, em 1796, continuar o estudo da matemática. Isso foi logo depois de haver descoberto que se podia construir, com um compasso e com uma régua, um polígono com 17 lados. Um lindo teorema acompa-

nhava a descoberta — em dois mil anos, o primeiro avanço feito na construção de polígonos.

Na verdade, no dia 30 de março de 1796, Gauss começou a manter um diário com um grande número de descobertas, a última das quais datada de 1814. O diário, escrito em latim e somente publicado em 1901, muito depois de sua morte, é extraordinário, porque antecipa muitas das inovações feitas durante o século XIX. “Existe suficiente número de idéias no diário não publicadas”, escreve Stuart Hollingdale, “para construir meia dúzia de reputações.”

De 1795 a 1798, Gauss cursou a Universidade de Göttingen, mas recebeu seu doutorado pela Universidade de Helmstädt em 1799. Sua dissertação apresentou uma prova rigorosa do que, atualmente, seria chamado o teorema fundamental da álgebra, ou seja, que todas as equações com uma variável têm, pelo menos, uma raiz. Ainda estudante, Gauss escreveu o *Disquisitiones Arithmeticae*, publicado em 1801, seu trabalho mais extenso sobre a matemática pura. Imediatamente tornou-se objeto de atenção e também lhe trouxe a fama.

Com o início do século XIX, com a invenção de telescópios mais potentes e com as descobertas feitas por personagens como WILLIAM HERSCHEL [27], Gauss começou a trabalhar em astronomia. Em janeiro de 1801, um asteroide (mais tarde chamado de Ceres) foi observado pelo monge italiano Guiseppe Piazzi. Quando desapareceu, os astrônomos ficaram perplexos. Gauss, entretanto, conseguiu prever sua reaparição para 1º de outubro, nove meses mais tarde, utilizando uma nova maneira de calcular sua órbita. Este feito (ele não revelou o método) tornou-o famoso. Em 1809, Gauss publicou um estudo exaustivo da matemática da mecânica celestial, *Teoria Motus Corporum Coelestium in Sectionibus Conicis Solem Ambientium* (*Teoria do Movimento dos Corpos Celestes que Giram em Torno do Sol em Seções Cônicas*). Gauss foi nomeado diretor do observatório de sua escola, a Universidade de Göttingen, em 1807, e mais tarde tornou-se professor de astronomia. Permaneceu em Göttingen até sua morte, ficando conhecido em toda a Europa.

Gauss estava interessado, há muito tempo, em levantamentos topográficos e tomou para si seus problemas teóricos e práticos, depois de se fazer consultor do governo de Hanover, em torno de

1818. Executou o trabalho pessoalmente, fazendo levantamentos durante os meses de verão e os cálculos com os dados, no inverno. Isso o levou a não só utilizar uma quantidade de ferramentas matemáticas para resolver os problemas das superfícies curvas, mas também a desenvolver o mapeamento conformal. (No mapeamento conformal, os ângulos e os círculos são conservados, causando menos distorções.) Entre suas invenções práticas existe um instrumento, chamado de heliotrópio, para aumentar a quantidade de luz enquanto se está fazendo o levantamento. A tarefa real de fazer o levantamento envolve muito trabalho de campo, em condições não muito agradáveis, mas levou Gauss a várias novas fórmulas matemáticas.

Em torno de 1830, Gauss passou a ser amigo e colaborador do jovem Wilhelm Weber, que havia recém-iniciado a ensinar em Göttingen. Começaram um trabalho com os problemas ligados ao eletromagnetismo, que estava, nessa época, tendo uma nova e extraordinária conceitualização, iniciada por MICHAEL FARADAY [11]. Juntamente com Weber, estudou o magnetismo da Terra, criando um observatório especial para tal propósito. Fizeram novas teorias para a avaliação experimental e desenvolveram instrumentos e técnicas matemáticas aplicáveis às teorias físicas existentes.²² A colaboração entre Gauss e Weber terminou em 1837, quando este foi despedido da universidade por motivos políticos. Por ser um reacionário em política e sem o desejo de enfrentar a autoridade, Gauss caracteristicamente recusou-se a ajudar o amigo.

Também conservador, em sua maneira de dar andamento aos assuntos mais importantes em matemática, Gauss não se atrevia a trabalhar e publicar sua descoberta da geometria não-euclidiana. Seria creditada a Nicolai Lobachevski e a János Bolyai. “Estou me tornando cada vez mais convencido de que a necessidade [física] de nossa geometria [euclidiana] não pode ser comprovada, pelo menos, nem pela razão humana, nem para a razão humana”, escreveu Gauss numa carta. Suspeitava de que, em grandes distâncias, a geometria

²² Em 1833, Gauss e Weber desenvolveram um telégrafo que operava ligando o observatório com o laboratório de física. Perceberam suas possibilidades comerciais, mas não puderam estabelecer prioridade para o invento, mais tarde desenvolvido nos Estados Unidos por Samuel Morse.

euclidiana se acabaria. Mas não publicou sua percepção, em parte por um medo realista de ser ridicularizado.

De modo mais geral, esse conservadorismo levou à limitação da influência exercida por Gauss. O “Príncipe dos Matemáticos”, como era algumas vezes chamado, não fez inovações importantes, e como notou Keneth O. May, alguns anos atrás, “era de esperar que o impacto gaussiano fosse muito menor do que sua reputação — e realmente foi o que aconteceu”. A geometria não-euclidiana está implícita na Teoria da Relatividade e forma efetivamente a base das teorias contemporâneas do “hiperespaço” e da Teoria das Partículas em Superfios.

Gauss teve uma vida pessoal algo difícil. Casou-se com Joanne Osthof em 1805; o casal teve dois filhos, com ela morrendo ao dar à luz um terceiro. Gauss declarou: “Fechei seus olhos de anjo, nos quais, durante cinco anos, encontrei um refúgio.” Mais tarde, casou com Minna Waldeck e tiveram mais três filhos, apesar da pouca saúde dela. Seu relacionamento com os filhos, os quais não queria que entrassem para a ciência por receio de não ficarem em primeiro plano, não era bom, embora nos anos posteriores tenha se dado suficientemente bem com uma de suas filhas. Pelos muitos que o conheceram, era considerado pouco comunicativo e destituído de afeição. Apesar de seus pontos de vista políticos conservadores e antidemocráticos, Gauss não era religioso. Morreu no dia 23 de fevereiro de 1855.



Albrecht von Haller & a Medicina do Século XVIII

(1707 – 1777)

O personagem mais importante da medicina do século XVIII foi o suíço Albrecht von Haller, médico, fisiologista, botânico e homem de letras. Fortemente influenciado por ISAAC NEWTON [1], Haller mostrou uma dependência moderna das experiências. Originador do conceito da irritabilidade, é por vezes nomeado o fundador da neurologia. Apesar de a interpretar como uma manifestação de Deus, também a via não como um dogma, mas como um princípio a ser verificado. A irritabilidade pode, mesmo atualmente, ser considerada como um dos principais sinais de vida, juntamente com o metabolismo, o crescimento e a reprodução; e as células nervosas

ainda são, algumas vezes, chamadas de “tecido irritável”. A produção prolífica de Haller é legendaria — autor de algo como 12 mil artigos —, sendo também conhecido por seus romances filosóficos e por um poema famoso, o *Die Alpen*, que descreve a graça da vida pastoral nas montanhas suíças.

Albrecht von Haller nasceu em 16 de outubro de 1707, em Berna, na Suíça. Era filho de Niklaus Emanuel Haller e de Anna Maria Engel, tendo ambos morrido quando ele ainda era muito jovem. Criado por uma mãe adotiva, numa casa de poucas posses, consta que Haller era uma criança fraca, mas também precoce, especialmente em línguas, pois escrevia artigos escolásticos com a idade de oito anos, tendo elaborado um dicionário grego aos 10 anos. Iniciou seus estudos em medicina em 1724, com 16 anos, na Universidade de Tübingen. Um ano mais tarde, foi para a Universidade de Leiden, onde estudou sob a orientação de Hermann Boerhaave, o médico mais importante (e, talvez, o mais rico) de sua época. Boerhaave recebia pacientes de toda a Europa e exerceu uma influência importante sobre Haller, que recebeu seu diploma de médico em 1727.

A carreira inicial de Haller reflete a gama enciclopédica de seus interesses em medicina e anatomia, bem como em botânica. A anatomia, como matéria de estudo, fora deficiente na universidade; portanto, Haller viajou para a Inglaterra e a França, onde conseguiu observar operações e dissecações. Em Basel, estudou matemática com Johann Bernoulli, mas também achou tempo para perseguir seus interesses em botânica. Fez excursões aos Alpes e acumulou uma coleção impressionante da flora suíça, bem como a experiência e o folclore, que se tornaram a base do *Die Alpen*.

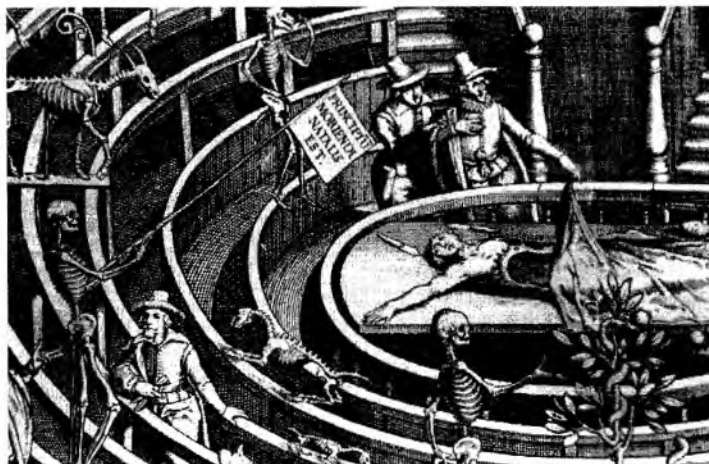
Em Berna, na época um cantão importante da Federação Suíça, Haller exerceu a medicina, de 1729 a 1736, ao mesmo tempo adquirindo fama de pesquisador de botânica e de anatomia, o que lhe permitiu ocupar em 1736 as cadeiras de medicina, de anatomia, de cirurgia e de botânica na Universidade de Göttingen. Essa universidade, recém-fundada, não carregada de tradições, deu a Heller, no correr dos 17 anos seguintes, a oportunidade de executar algumas de suas investigações mais significativas e criar uma escola de medicina de considerável prestígio. Em 1747 publicou o *Primae*

Lineae Physiologiae, um livro de medicina que suplantava o famoso *Institutiones Medicae*, de Boerhaave, devido a seu conteúdo mais contemporâneo. É considerado, por alguns, o primeiro livro-texto de fisiologia e de medicina. Haller o revisou duas vezes antes de sua morte.

De modo algo incongruente, o melhor trabalho de Haller apareceu depois de 1753, quando deixou Göttingen e voltou para Berna. Lá, trabalhou por cinco anos no serviço público e então tornou-se gerente da Companhia de Sal de Berna. Pouca saúde, trabalho em excesso e brigas profissionais, todos esses motivos foram evocados para explicar essa mudança súbita em meio a sua carreira. Haller, apesar de tudo, manteve a presidência da Academia de Göttingen; já havia adquirido reputação internacional e era um correspondente aplicado.

Em 1753 apareceu o primeiro volume do trabalho central e principal de Haller, pelo qual ficou mais famoso, o *Elementa Physiologiae Corporis Humani* (*Elementos da Fisiologia Humana*). Mais sete volumes surgiram durante os 25 anos seguintes e fecharam o conjunto de seu trabalho em anatomia e fisiologia. De maior significado, Haller forneceu descrições de todos os órgãos conhecidos do corpo, num contexto de estudo que avaliava a pesquisa-trabalho dos antigos investigadores. O trabalho de Haller não era simplesmente descritivo, mas explicativo; fora baseado nas idéias de Newton, até mesmo no conceito dinâmico de força. “Qualquer um que publique uma fisiologia”, escreveu Haller, “deve explicar os movimentos internos do corpo animal, as funções dos órgãos, as mudanças dos fluidos e as forças pelas quais a vida é sustentada.”

Ao mostrar que as fibras nervosas específicas e os músculos tinham funções particulares, Haller desenvolveu o conceito de irritabilidade. Enquanto WILLIAM HARVEY [38] havia explicado a circulação do sangue, Haller mostrou que o coração não era simplesmente um mecanismo auto-regulado. Suas batidas cadenciadas ocorriam, pensava Haller, quando seus músculos eram estimulados, pelo enchimento das cavidades, com sangue. Prosseguiu mostrando que o funcionamento de todas as partes do corpo se baseava no estímulo e viu na contração muscular o trabalho de várias forças mecânicas e químicas.



Boerhaave dando aula aos estudantes.

Embora Haller não reconhecesse o papel que tocava aos nervos, a tendência de procurar as respostas por meio das experiências foi responsável por sua fama como fundador da neurofisiologia. Identificava o órgão de um animal que queria estudar e, então, aplicava uma série de estímulos. Uma reação, através da dor e do desconforto, levou Haller a descrever o órgão como sensível ou “irritável”. Numa frase que ficou famosa, Haller escreveu que a fisiologia é a “anatomia animada”. Almejava, na verdade, entender, em termos de simples causa e efeito, o que acreditava ser a atuação específica da “mecânica animal”. A “irritabilidade” era uma propriedade especial dos animais e não podia ser meramente reduzida à cinética.

Na verdade, conquanto fosse um pensador do Iluminismo, Haller não era um mecânico e colocava-se a uma considerável distância de muitos dos mais conhecidos *philosophes* franceses. Ao viver não muito longe, do outro lado do lago Genebra, encontrava, no filósofo Voltaire, o exemplo vivo do espírito liberal de uma época. Mas Haller tendia a ser piedoso e “destituído de qualquer senso de humor”, escreve Henry Sigerist, “um arquiconservador... Pensava como um ser racional e acreditava como um cristão sincero”. Do mesmo modo que Newton, Haller pensava que as leis do movimento haviam sido concedidas ao mundo por Deus. E,

assim, pelo que pode ser considerada uma das grandes piadas bibliográficas de todos os tempos, o brilhante (e desprezado) filósofo hedonista Julian Offray de la Mettrie dedicou a Haller seu subversivo *Man, a Machine* (*Homem, uma máquina*) para melhor agravá-lo.

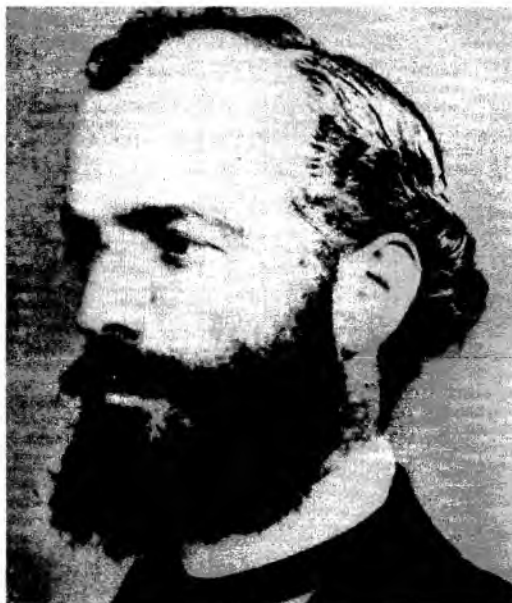
Não se podia esperar que Haller ficasse em silêncio num assunto tão importante para o século XVIII como a embriologia. Manteve um debate complexo com Caspar Friedrich Wolff, que seguia a teoria epigenética do desenvolvimento, enquanto que Haller acreditava na pré-formação. Os epigenesistas argumentavam que o pinto, por exemplo, desenvolvia-se a partir de um ovo fertilizado; os defensores da pré-formação acreditavam que o esperma estimulava o óvulo, que já continha o pinto em miniatura.

O debate foi o assunto de um interessante estudo, recentemente feito por Shirley Roe, que mostra que cada um deles foi influenciado por noções fundamentalmente extracientíficas. A maneira cartesiana e racional de Wolff contava com a desconfiança de Haller, que de sua parte não podia aceitar uma teoria que pudesse ameaçar suas fortes crenças religiosas. O debate não teve uma conclusão. Entretanto, após ter adotado a teoria da pré-formação, a influência prepotente de Haller era tal, que a embriologia ficou estagnada durante muitos anos. Como observa Roe, por parte de Haller correspondia a visão mais geral da ciência, "como que levando na direção de uma apreciação mais profunda e de uma reverência para com Deus, e para longe dos perigos do ateísmo e do materialismo". O debate mantém-se ressoante, ainda nos dias de hoje, tendo em vista as controvérsias contemporâneas relativas ao aborto e ao feto humano.

Embora tenha se casado — três vezes, na verdade, e deixando oito filhos —, Haller, do mesmo modo que Newton, possuía uma personalidade difícil e chegou à proeminência, apesar de uma série de excentricidades. Era um zwingliano devoto (seguidor de Huldreich Zwingli, o correspondente suíço de Martinho Lutero) e atormentado por dúvidas sobre sua crença religiosa, depois da morte de sua primeira mulher.

Sofria de problemas de visão, de bexiga, de melancolia e de insônia. (Para curar a insônia, tornou-se um viciado em ópio.) Na

velhice, ficou obeso e sofreu de gota, não podendo mais sair para coletar espécimens. Entretanto, um ano antes de sua morte, em 1776, publicou uma vasta bibliografia — que ainda estava incompleta — relacionando cerca de 52 mil trabalhos de medicina. Morreu em 12 de dezembro de 1777.



August Kekulé & a Estrutura Química

(1829 – 1896)

A teoria da estrutura básica dos compostos químicos emergiu, com algumas ressalvas, no século XIX, apesar da quantidade de substâncias descobertas e caracterizadas. Uma teoria de “tipos” e de radicais apareceu para explicar como as reações químicas vinham a acontecer, mas durante algum tempo não ficou claro se mesmo os compostos mais básicos poderiam ser totalmente analisados. Isso em especial era verdadeiro para os compostos “orgânicos” que, diferente dos metais, se dissipavam quando queimados. A situação foi clarificada, entretanto, a partir de 1858, pelo cientista alemão August Kekulé.

Dizem que Kekulé foi o pai da química orgânica, porque, pela explicação que deu sobre o papel central da molécula de carbono nas reações orgânicas, mostrou como essa se combina com outros elementos para formar um número extraordinário de substâncias. Além disso, a descoberta da estrutura do benzeno, em 1865, por Kekulé, introduziu uma nova era na história da química. Os químicos podiam daí visualizar e até certo ponto explicar e prever as reações químicas. Ao partir dessa possibilidade, de ter as fórmulas estruturais que indicam as mudanças moleculares passo a passo, chegou-se à moderna química orgânica sintética. A contribuição de Kekulé foi, de acordo com Frederick Japp, a “produção científica mais brilhante”, que preparou o fundamento de todo esse campo.

Friedrich August Kekulé nasceu em 7 de setembro de 1829, em Darmstadt, no Estado de Hesse. Descendente de uma família nobre da Boêmia, era filho do conselheiro-chefe do grão-ducado de Hesse, Ludwig Carl Emil Kekulé, que havia substituído o *e* por um *é*, no sobrenome da família, durante o domínio de Napoleão. August, seguindo os desejos do pai, estudou, em primeiro lugar, arquitetura, na Universidade de Giessen, em 1847, onde se destacou como desenhista. Mas também ficou intrigado pela matemática e fascinado com as conferências de JUSTUS LIEBIG [36]. Kekulé começou seus estudos científicos em 1849 e, com a ajuda financeira de um irmão de criação, muito seu amigo, fez cursos de química em Paris, em 1851, voltando à Alemanha para receber o doutorado em 1852.

Com o suporte de Liebig, Kekulé trabalhou na Suíça e em Londres, antes de se tornar *privatdozent*, na Universidade de Heidelberg, em 1856, e professor, em Ghent, dois anos depois. É desse período, após um longo tempo de aprendizado, que vieram suas realizações mais significativas. Kekulé não estava particularmente interessado em estudos de laboratório, mas via-se atraído principalmente para os consideráveis problemas conceituais que, na década de 1850, ainda atrapalhavam a química.

Na metade do século XIX, já era sabido que alguns átomos, tais como o oxigênio e o carbono, combinavam-se facilmente com outros elementos em proporções definidas. O conceito central de *valência* surgiu pelo fato de cada tipo de átomo parecer ter um número diferente de “ganchos” para se combinar com outros átomos.

Uma parte de oxigênio se combinava com duas de hidrogênio para fazer a água, por exemplo, e os átomos de carbono, como se sabia, eram particularmente versáteis. Além disso, os químicos haviam desenvolvido a idéia do *radical*, ou seja, de um grupo estável de átomos que reagem, como um grupo funcional, com outros elementos. Essas idéias potentes e sugestivas ficavam enfraquecidas, entretanto, pelas teorias dos “tipos”, que restringiam o número de combinações químicas possíveis e, principalmente, impediam o conhecimento detalhado de suas estruturas verdadeiras.

As histórias contadas pelo próprio Kekulé sobre suas descobertas mais importantes são interessantes e divertidas, mesmo que não sejam completas. Sua percepção súbita sobre a importância central dos átomos de carbono aconteceu numa noite de verão, por volta de 1855 — contou mais tarde —, enquanto viajava no andar superior de um ônibus londrino, “através das ruas desertas da metrópole”. Cochilando, viu átomos de carbono girando — “dando pulos” — e formando então cadeias em sua mente. Tudo isso, antes de ser acordado pelo condutor gritando “Clapham Road!”, que era seu destino. Havia ficado claro para ele que os átomos de carbono podiam se combinar, tanto com eles próprios, quanto com vários outros átomos, para formar cadeias longas e complexas.

Não era a proporção, mas a estrutura das combinações de elementos a responsável por todas as várias qualidades e potências. Em resumo, isso se constituiu na origem da química orgânica e, apesar de Kekulé ter desenvolvido uma notação com a forma de uma lingüiça, os químicos adotaram um sistema proposto por Archibald Scott Couper, aproximadamente na mesma época. Não obstante isso, Kekulé, durante os anos que se seguiram, transformou sua visão numa investigação vigorosa das diferentes propriedades dos compostos de carbono. Considerava uma premissa a natureza do átomo de carbono com quatro raios — que, como ele colocava, “de modo geral, a soma das unidades químicas dos elementos unidos com um átomo de carbono é igual a quatro”. Mesmo cauteloso nas generalizações, por certo, evocara a teoria estrutural para explicar a composição química.

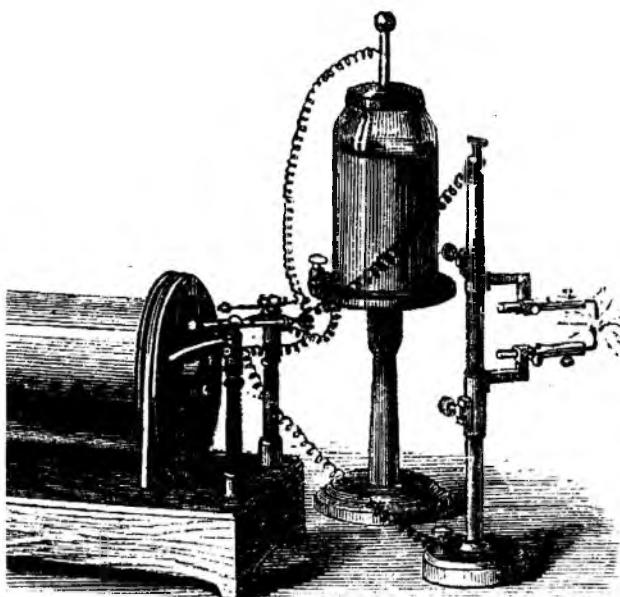
Na verdade, a noção das cadeias funcionava excepcionalmente bem para descrever todos os compostos de carbono, exceto os

conhecidos como aromáticos. O benzeno, composto de hidrogênio e carbono e encontrado, naquela época, no piche de carvão-de-pedra, era o composto gerador dos aromáticos.²³ Mas não se enquadrava na teoria de cadeias de Kekulé sem violar as regras de valência. Então, um outro sonho, de acordo com Kekulé, foi o responsável pela descoberta de sua estrutura. Em torno de 1862, enquanto trabalhava no problema, ficou adormecido junto ao fogo. “Novamente, os átomos pularam diante de meus olhos. Grupos menores, dessa vez, ficaram modestamente no fundo...Longas colunas estavam ligadas, com muito mais densidade; tudo em movimento, torcendo e girando, como se fossem cobras. E veja o que é aquilo? Uma cobra pegou sua própria cauda e, zombeteiramente, começou a girar diante de meus olhos.”

Kekulé havia descoberto a estrutura anular do benzeno — em sua forma moderna, um hexágono com seis átomos de carbono e duplas ligações alternativas, envolto por átomos de hidrogênio. Isso satisfaz as necessidades de ambos os átomos. Cada átomo de carbono tem quatro ligações, e cada átomo de hidrogênio, uma. A estrutura e muitas de suas propriedades que podem ser previstas foram confirmadas em curto prazo.

Se a história da cobra num círculo — que é também o símbolo da alquimia conhecido como *Ouroboros* — for verdadeira ou se foi preparada para assegurar uma prioridade, isso ainda vem sendo objeto de debate, mas a importância da estrutura do benzeno para o desenvolvimento posterior da química não admite dúvida. Com o benzeno, da mesma forma que com outros compostos, a fórmula estrutural permitiu aos químicos visualizarem compostos e predizerem as suas fórmulas e variações. “Do mesmo modo que Picasso, mais tarde, transformou a arte, permitindo ao observador ver por dentro e por trás das coisas”, escreveu William H. Brock, numa história recente, “também Kekulé havia transformado a química (...) O futuro da química, bem como o da indústria, depois de 1865, foi

²³ Líquido sem cor, com um ponto de ebulição baixo, que queima com uma chama amarela e fumacenta, o benzeno é um solvente excelente. Foi descoberto por Michael Faraday em 1825. Na época em que o trabalho de Kekulé foi iniciado, sua importância para a indústria estava em expansão. Usado na indústria de corantes, também como combustível e solvente, e encontrado em todos os tipos de produtos, de detergente a inseticida.



verdadeiramente calcado na estrutura química e no signo desse hexágono.” No século XX, deve ser acrescentado, LINUS PAULING [16] aprofundou a percepção de Kekulé com a ajuda da mecânica quântica.

Algumas vezes considerado como um não-experimentador pouco competente, Kekulé pensou ser útil e conveniente a construção de modelos atômicos tridimensionais, com esferas de madeira de várias cores representando os diferentes átomos, ligados por varas de latão. Isso provou ser uma ótima ferramenta de ensino e foi uma idéia usada, no século XX, por Linus Pauling e também por JAMES WATSON [49] e por FRANCIS CRICK [33] para a confecção do modelo da estrutura do DNA.

A influência de Kekulé foi difundida, em grande parte, por seu livro sobre química orgânica, cujo primeiro volume foi publicado em 1859; eventualmente chegou a três volumes, com mais de duas mil páginas, mas nunca foi completado. Além disso, Kekulé queria que a química desenvolvesse uma “nomenclatura sistemática e racional”, um fator crítico na organização do primeiro congresso internacional de química, em Kalrsrue, em 1860. Foi ali que Stanislao Cannizzaro mostrou, convincentemente, a importância das

massas atômicas dos elementos, reativando a Teoria Molecular e levando a química a um passo mais perto da tabela periódica que seria apresentada por DMITRI MENDELEEV [47], muitos anos mais tarde.

Desde 1865, Kekulé ensinou na Universidade de Bonn, mas seus derradeiros anos não foram muito felizes. Depois da morte de sua primeira mulher ao dar à luz, seu segundo casamento com sua jovem governanta não foi um sucesso. Nem ele conseguiu se recuperar, totalmente, de um ataque de sarampo que havia contraído de um filho em 1876. Era, entretanto, muito estimado. Foi em 1890, quando recebia honrarias relativas ao 25º aniversário da descoberta do anel do benzeno, que Kekulé recontou a história de suas inspirações induzidas pelo sono. Quando em 1895 recebeu um título de nobreza e, como muitos alemães faziam naquela época, refez o *é* napoleônico pelo *e*, seu nome assim, em sua forma real, tornou-se Kekule von Stradonitz. Morreu no dia 13 de julho de 1896.



Robert Koch & a Bacteriologia

(1843 – 1910)

O enorme número e a variedade de microorganismos — o corpo humano contém, literalmente, bilhões deles — tornam difícil provar que uma bactéria específica ou mesmo um vírus pode causar uma determinada doença. A sistematização de como ocorre foi feita por Robert Koch, ao final de duas décadas do século XIX. O isolamento dos micróbios que causam o antraz e a tuberculose foi uma descoberta importante e teve forte repercussão na prática da medicina. Igualmente instrumental para a pesquisa foram seus princípios de investigação microbacteriana, ficando conhecidos como os postulados de Koch. Ele é descrito, muitas vezes, juntamente com LOUIS

PASTEUR [5], com quem tinha um relacionamento de adversário, como o co-fundador da teoria da doença pelo germe. No *best-seller* *The Microbe Hunters* (Os Caçadores de Micróbios), Koch é o “lutador contra a morte”, e Paul de Kruif escreve: “Peço licença para tirar meu chapéu e me curvar em respeito a Koch — o homem que realmente *provou* que os micróbios são nossos inimigos mortais e trouxe a caça aos micróbios quase a uma ciência; o homem que foi o capitão de uma era obscura e heróica e que, agora, está parcialmente esquecido.”

Um de 13 filhos, Robert Koch nasceu de Hermann e Mathilde Koch, em 11 de dezembro de 1843, em Clausthal-Zellerfeld, uma cidade nas montanhas Harz, importante região mineira da Alemanha. Seu pai era engenheiro de minas, e seu avô e seu tio, geólogos amadores, e o jovem Koch tornou-se um colecionador de minerais, bem como de insetos, musgos e líquens. Quando entrou para a Universidade de Göttingen, em 1862, inicialmente estudou ciências naturais. Mais tarde, entretanto, resolveu estudar medicina, influenciado por Jacob Henle, um anatomista que, cerca de 20 anos antes de Pasteur, tivera a idéia de contágio pelos micróbios. Depois de se formar na escola de medicina, em 1866, Koch foi interno em Hamburgo, serviu na guerra franco-prussiana e estabeleceu-se como médico oficial do distrito, numa pequena vila na Silésia, hoje parte da Polônia.

Koch recebeu um microscópio de presente de sua mulher, por seu aniversário, em 1871, e começou a estudar microorganismos durante as horas vagas. Desenvolveu grande habilidade técnica, usando os novos procedimentos de tintura, bem como a fotografia. Na metade da década de 1870, investigava o antraz, uma doença comum nessa região da Silésia. A doença, que afetava principalmente o gado e as ovelhas, causava feridas que ulceravam, lesões nos pulmões e a morte, e podia ser transmitida aos seres humanos. Em 1876, ao infectar ratos, Koch conseguiu mostrar que a causa do antraz era o que veio a ser conhecido como o *Bacillus anthracis*, um microorganismo específico com ações definidas no sangue. A identificação do micróbio do antraz foi a primeira prova irrefutável de que um microorganismo causava uma doença específica e abriu caminho, em 1881, para o desenvolvimento de uma vacina prepa-

rada por Louis Pasteur. Os artigos de Koch sobre o antraz, de 1876 a 1877, proporcionaram-lhe os primeiros aplausos. Em 1881, desenvolveu o método de usar a gelatina como meio de cultura, que se tornou o feijão-com-arroz da pesquisa durante muitos anos. Também publicou o livro *Métodos para o Estudo dos Organismos Patogênicos*.

A descoberta, por Koch, da bactéria da tuberculose é uma história de contestável realização e com grande margem de erro. Nomeado consultor do Departamento Imperial de Saúde em Berlim, em 1880, Koch começou a procurar o agente microbiano responsável pela tuberculose. A doença dos pulmões, temida e muitas vezes fatal, fora extensamente estudada, mas sem sucesso, no início do século XIX — na verdade, causou a morte de uma série de seus pesquisadores — e era intratável, exceto nos casos leves, tratados por meio de repouso em sanatórios. No dia 24 de março de 1882, numa breve conferência feita na Sociedade Fisiológica de Berlim, Koch relatou que havia conseguido isolar a bactéria que causava a tuberculose. A importância potencial desse fato para o diagnóstico e para uma possível vacina ficou imediatamente evidente.

Com essa descoberta, Koch preparou o terreno para toda a moderna bacteriologia, pois estabeleceu os princípios, conhecidos desde então como os postulados de Koch, que fornecem uma estrutura básica para a pesquisa médica. Os postulados, como utilizados hoje, são quatro: (1) O organismo que causa a doença precisa estar presente em todos os casos. (2) Uma cultura pura do organismo deve poder ser obtida. (3) A cultura produzirá a doença, quando animais saudáveis e suscetíveis forem inoculados. (4) O organismo deve ser encontrado no animal doente. Esses postulados constituíram a nova formulação dos princípios colocados anteriormente por Henle, que fora professor de Koch. Os postulados de Koch, generalizações básicas de direcionamento, são ainda frequentemente citados e de alta influência.

Levado a dominar uma doença infecciosa, tanto quanto Pasteur havia feito com o antraz e com a doença da raiva, Koch eventualmente acreditou que havia obtido a cura da tuberculose, utilizando bacilos mortos da doença. Anunciou esse feito, subitamente,

quase que impulsivamente, em 4 de agosto de 1890, antes que suficientes testes fossem realizados. Na verdade, o tratamento — a tuberculina — era pior do que a própria doença.

“O anúncio de Koch da descoberta de um remédio para a tuberculose”, escreve Victor Robinson, “aqueceu o peito da Mãe Terra com uma estranha esperança e, por todos os lados, suas crianças aflitas esticavam seus braços para receber a ampola que traria a saúde.” Como conseqüência, milhares de pacientes tuberculosos invadiram Berlim, clamando pela tuberculina, a qual acabou matando muitos deles. O relatório de Koch sobre sua cura, elaborado a seguir, era falho, com declarações vagas e mal dirigidas. Apesar de ter continuado a ser a superestrela de sua equipe na pesquisa médica, logo deixou Berlim, entrando em férias prolongadas.²⁴

A carreira posterior de Koch reflete sua grandeza e maior influência. Em 1891, foi nomeado diretor do Instituto de Desordens Infecciosas de Berlim, onde permaneceu até sua aposentadoria, em 1904. Recebeu o Prêmio Nobel por seu trabalho sobre a tuberculose, em 1905. Além de seus próprios estudos, Koch foi a força primordial atrás da pesquisa de inúmeras doenças infecciosas que constituíam a causa principal de mortes prematuras, no final do século XIX. Koch fez estudos sobre o cólera, a malária, a disenteria, o tracoma, o tifo, a peste bubônica e uma série de doenças do gado, até mesmo a febre aftosa e a do Texas. Além disso, seu trabalho, em conjunto com o de Louis Pasteur e o de Joseph Lister, deu um impulso importante à evolução do movimento sanitário; o próprio Koch, uma vez, chamou a bactéria do cólera de “nosso melhor aliado” na luta por melhores condições sanitárias.

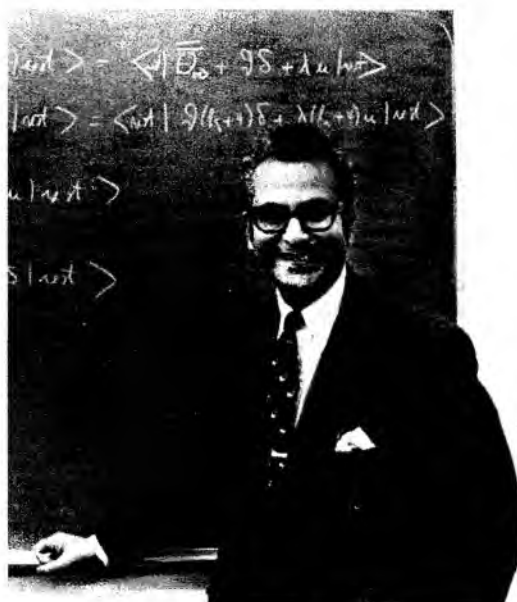
É instrutivo notar que o trabalho de Koch é um forte exemplo do relacionamento entre a medicina e a vida econômica e política. Koch cresceu, com a formação da Alemanha e sua emergência como poder mundial, no contexto do imperialismo europeu. As novas e exóticas doenças descobertas formaram a base da maior parte de sua

²⁴ Algum bem resultou desse desastre médico, quando foi reconhecido que a “cura” de Koch poderia servir como teste de diagnóstico para a doença. Suas bactérias atenuadas se tornaram a base do chamado teste de compressa que as crianças em idade escolar nos Estados Unidos ainda fazem. A vacina para a tuberculose, descoberta em 1924, alguns anos após a morte de Koch, é usada em muitos países.

pesquisa; ele viajou intensamente, indo para o Egito, para a África e para a Índia à procura dos micróbios responsáveis. Muitas dessas doenças teriam permanecido fenômenos locais, pouco entendidas, mas contidas, não fosse pelo expansionismo europeu. Os contatos inter-regionais da atualidade, aumentados pelas rápidas viagens aéreas e pela destruição das florestas tropicais, são possivelmente as raízes da epidemia mundial de AIDS.

Do mesmo modo que Pasteur — com certeza, como muitos dos pesquisadores médicos contemporâneos —, Koch era polêmico, agressivo e arrogante. Apesar de muito admirado, provocou um escândalo, quando deixou sua primeira mulher, Emmy Fratz, por uma jovem atriz, chamada Hedwig Freiberg. Isso desagradou seu empregador, o governo alemão, e alguns de seus amigos mais íntimos deixaram de lhe dirigir a palavra. Os habitantes de sua cidade natal, Clausthal, derrubaram a placa colocada na casa onde ele havia nascido. Mas como disse Claude E. Dolman, num elegante elogio fúnebre, “as fraquezas faustianas e as perplexidades não diminuem os benefícios permanentes que suas aspirações deram à humanidade”. Koch permaneceu trabalhando até o dia 7 de abril de 1910, quando ficou doente e foi levado para um retiro em Baden-Baden. Morreu lá, em 27 de maio de 1910.

45



Murray Gell-Mann & o Caminho de Oito Camadas

(1929 –)

Físico proeminente da segunda metade do século XX, Murray Gell-Mann possui algo da mesma amplitude de visão de ALBERT EINSTEIN [2], de NIELS BOHR [3] e de outros fundadores da física moderna. A Gell-Mann, um dos criadores da Teoria dos “Quarks”, deve-se o desenvolvimento da cromodinâmica quântica (QCD), a poderosa teoria que descreve os blocos básicos de construção e as interações das partículas subatômicas. De modo geral, o modelo de *quark* de Gell-Mann, que evoluiu de seu esquema de classificação conhecido como “o caminho de oito camadas”, encerrou a confusão que reinava na física, depois que centenas de partículas

subatômicas foram descobertas por físicos experimentais, logo depois da Segunda Guerra Mundial. Além disso, Gell-Mann tem sido um dos principais teóricos por trás do “modelo padrão” em desenvolvimento e pretende juntar as interações eletrofortes e eletrofracas em uma teoria unificada. Em anos recentes, no Instituto Santa Fé no Estado do Novo México, ele também tocou nos problemas de cosmologia, nos quais os físicos de partículas têm tido um papel cada vez mais importante, bem como em outros dos problemas mais gerais da ciência.

Murray Gell-Mann nasceu em 15 de setembro de 1929, na cidade de Nova York, filho de Arthur Gell-Mann e de Pauline Reichstein. Emigrante da Áustria-Hungria, obrigado a abandonar seus estudos para ajudar seus pais nos Estados Unidos, Arthur Gell-Mann aprendeu a falar um inglês perfeito e dirigia uma escola de línguas, que teve de fechar com a chegada da Grande Depressão. Possuidor, ele próprio, de grande cultura, encorajava o interesse de seu filho pelas ciências naturais, mas Gell-Mann relatou que seu maior mentor foi o irmão mais velho, Ben, que o ensinou a ler, quando tinha apenas três anos, e o incentivava com uma grande variedade de interesses culturais e científicos. Crescendo em Nova York, Ben e Murray faziam extensos passeios pelo Van Cortland Park, no Bronx, freqüentavam os museus da cidade, aprendiam gramáticas estrangeiras e liam poesia e ficção em conjunto. “Ben e eu queríamos entender o mundo e aproveitá-lo”, escreveu Gell-Mann, mais tarde, “e não cortá-lo em fatias de maneira arbitrária. Não víamos diferenças marcantes entre categorias, como as ciências naturais, as ciências sociais e as comportamentais, as humanidades e as artes. Na verdade, nunca acreditei na primazia dessas diferenças.”

Cursando uma escola para os bem-dotados, Gell-Mann achou maçante a maior parte do currículo. Não gostava de física no colégio, e quando começou a cursar a Universidade de Yale, aos 15 anos, concordou em fazer cursos dessa matéria somente para agradar a seu pai. Mas logo ficou cativado pelo encanto e apelo estético da física teórica. Depois de se formar em 1948, conseguiu ser nomeado associado do Massachusetts Institute of Technology. Recebeu o Ph.D. três anos mais tarde.

A trajetória da carreira de Gell-Mann está relacionada com dois tipos de desenvolvimento em física que se seguiram à Segunda Guerra Mundial. Um foi o desenvolvimento teórico da eletrodinâmica quântica (QED), que trouxe excepcional precisão à física do elétron e de outras partículas com carga. O outro foi experimental. Durante as décadas de 1950 e 1960, partindo das análises dos raios cósmicos e usando aceleradores cada vez mais potentes, os físicos observaram um número de partículas subatômicas que crescia cada vez mais. Embora os átomos fossem esmagados, fotografados e analisados por várias vezes, sua unidade subjacente permanecia pouco clara — na verdade, o termo “zoológico de partículas” foi assim batizado para descrever a pletora de componentes subatômicos existentes.

Gell-Mann começou seu primeiro trabalho importante com a idade de 23 anos, no Instituto para Estudos Nucleares, da Universidade de Chicago. Em 1953, reconheceu que a persistência de certas partículas subatômicas, que normalmente deveriam sofrer um decaimento rápido, era devida a propriedades que pertenciam a uma nova categoria de matéria.²⁵ Gell-Mann descreveu as propriedades dessas “partículas estranhas” e conseguiu classificá-las, colocando números “estranhos” em cada uma delas e fornecendo equações que podiam prever suas interações. O perfil da teoria foi aumentado pela descoberta, seis anos após, da partícula κ -zero, prevista por Gell-Mann.

Introduzir ordem no caos geralmente é uma realização significativa na ciência, e SHELDON GLASHOW [48] escreveu que “Gell-Mann forneceu o empuxo dominante na física das partículas teóricas durante grande parte das décadas de 1950 e 1960”. Em 1955, Gell-Mann mudou-se para o California Institute of Technology. Em 1961, começou a publicar uma série de artigos cruciais estabelecendo o que ele chamou de “Caminho de Oito Camadas”. Era uma maneira de classificar os hádrons, ou as partículas subatômicas relativamente pesadas, e o Caminho de Oito Camadas provou ser o mais bem-sucedido de uma série de esquemas propostos mais ou

²⁵ Uma vida relativamente longa, para uma partícula “estranha”, ainda é muito curta, indo, no máximo, a 10 nanossegundos. Um nanossegundo é 1 bilionésimo de segundo.

menos na mesma época. O termo se referia à maneira pela qual as partículas poderiam ser agrupadas e foi extraído da idéia de Buda, das oito virtudes que levam ao Nirvana. Gell-Mann ficou, mais tarde, incomodado, quando o Caminho de Oito Camadas foi interpretado como significando que a física contemporânea teria algum relacionamento obscuro com a religião oriental.

Do mesmo modo que a tabela periódica havia sido proposta pela primeira vez por DMITRI MENDELEEV [47], para organizar a expectativa de que alguma explicação básica não tardaria, o mesmo aconteceu com o Caminho de Oito Camadas. Em 1964, Gell-Mann conseguiu sugerir que os hádrons, ou partículas que “sentem ser estranhas”, eram, elas próprias, compostas de partículas, a que chamou de *quarks*. Inicialmente, descreveu três *quarks* com cargas fracionárias diversas, que ele combinou para criar qualquer uma das partículas elementares conhecidas, e deu a essas diferentes sabores: “para cima”, “para baixo” e “estranha”. Um quarto *quark*, *charm*, foi mais tarde previsto, como também o foram os *quarks* “fundo” e “topo”. Além de aparecerem em “sabores”, os *quarks* não eram todos da mesma “cor”.

Desde o início, Gell-Mann acreditava que, apesar de os *quarks* serem reais, estavam em permanente confinamento nas várias partículas a que pertenciam; assim, nem o sabor, nem a cor dos *quarks* têm expressão para o mundo. Entretanto, quando as experiências casualmente usavam um raio de elétrons de alta energia para iluminar (por assim dizer) o interior de um próton, a estrutura do *quark* era revelada. Em torno de 1995, todos os seis *quarks*, incluindo o mais fugidio, o *quark* “topo”, tiveram suporte experimental.

Na conferência de 1972, no Fermilab, Gell-Mann apresentou a Teoria da Cromodinâmica Quântica (QCD), que apresentava a interação dos *quarks* e dos anti-*quarks* por meio de partículas de mediação, conhecidas como *gluons*. Análoga, de certa forma, à eletrodinâmica quântica, a QCD, eventualmente, forneceu um relato completo da operação da “interação forte” que mantém as partículas atômicas em conjunto. Por volta de 1994, Gell-Mann podia escrever que as colisões de partículas nucleares, observadas desde a década de 1940, “foram agora todas explicadas como compostas pelos *quarks*, anti-*quarks* e *gluons*. O esquema do *quark*,

incorporado na teoria explícita da cromodinâmica quântica, havia, assim, exposto a simplicidade existente por trás da malha de estados, que, aparentemente, era muito complicada”.

Ao receber o Prêmio Nobel de Física, em 1969, por seu trabalho com a Teoria das Partículas Elementares, Gell-Mann permaneceu na Caltech até sua aposentadoria, em 1993. Em 1984, tornou-se um dos fundadores do Santa Fe Institute, um reservatório multidisciplinar, gerador de pensamentos, localizado no Estado do Novo México, no qual Gell-Mann continua a lecionar e a ser co-presidente do conselho de ciência. E, lá, muito em consonância com suas metas da juventude, Gell-Mann conseguiu expandir sua base de interesse em física para campos tão diferentes como a cosmologia, a ecologia e a conservação, a evolução das línguas e a economia global. O amplo foco desse estágio atual de sua carreira tem gerado muito esforço para o entendimento do que ele chama de “sistemas complexos que se adaptam” — o inter-relacionamento entre a simplicidade básica das leis da física e os esquemas intrincados do mundo natural. Delineou a natureza de tais sistemas, com algum detalhe, em seu livro *The Quark and the Jaguar*, publicado em 1994.

Gell-Mann casou-se com uma inglesa, aluna de arqueologia, J. Margaret Dow, em 1955, e tiveram dois filhos, Elizabeth Sarah e Nicolas Webster. Margaret morreu em 1981. Em 1992, Gell-Mann casou-se com Marcia Southwick, poetisa e professora de inglês.



Emil Fischer & a Química Orgânica

(1852 – 1919)

Em 1869, em lugar de entrar para o negócio de madeiras, Emil Fischer tornou-se químico e produziu em seu laboratório um grande número de pesquisas básicas. Muitas de suas descobertas foram passadas para a indústria e, além disso, ajudaram a criar a ciência da bioquímica. Os extensos estudos de Fischer sobre as propriedades dos diversos açúcares, por exemplo, não só levaram à sua fabricação, mas também formaram a base de toda a química dos hidratos de carbono. E as investigações sobre ambas as moléculas, conhecidas como purinas, e sobre os aminoácidos, conhecidos como polipeptídeos, provaram ser um ponto inicial e precoce para a biologia

molecular. Em 1902, Fischer — um austero cientista, que acabou com sua vida pelo suicídio — lamentaria o fato de que seu pai “não viveu para ver seu filho, pouco prático, receber o Prêmio Nobel de Química”. “Fischer era”, arrisca Trevor I. Williams, “talvez o maior dos químicos orgânicos.”

Emil Hermann Fischer nasceu em 9 de outubro de 1852 na pequena cidade de Euskirchen, na Prússia-Renânia. Filho de Laurenz Fischer, um próspero comerciante, e de Julie Poensgen Fischer, foi um estudante excepcional e graduou-se num ginásio de Bonn, com honrarias, em 1869. Mas não desejava tornar-se um comerciante, como esperava seu pai. Depois de um pequeno período na companhia familiar, ingressou na Universidade de Bonn. Lá, assistiu às conferências de AUGUST KEKULÉ [43], mas foi desencorajado pela falta de interesse do grande químico em trabalhos experimentais. Em 1872, Fischer transferiu-se para a Universidade de Estrasburgo. Seu interesse em química reacendeu-se com as aulas de outro personagem importante, Adolf Baeyer. Fischer recebeu o doutorado em 1874 por uma tese relativa à química dos corantes. Ao concluí-la, Fischer permaneceu em Estrasburgo como assistente de Baeyer.

Ao iniciar suas investigações quando ainda estudante e prosseguindo pela década de 1880, Fischer foi um jovem e ativo participante da grande expansão da química na Alemanha. Essa expansão alimentava uma indústria com pesquisas, numa economia que crescia rapidamente. Por trabalhar com produtos químicos orgânicos que podiam ser gerados a partir da hidrazina, um dos compostos mais agressivos formados pelo nitrogênio e com o hidrogênio (corrói mesmo borracha e até vidro), Fischer desenvolveu derivados para várias aplicações industriais. O mais importante foi a descoberta da fenilhidrazina, que lhe trouxe fama, mesmo antes de obter o doutorado. Mais tarde, descobriu ser um reagente útil na distinção dos açúcares de mesma fórmula, mas de estruturas diferentes.

Fischer foi nomeado para a Universidade de Munique, em 1879, e três anos depois mudou-se para a Universidade de Erlangen, onde começou um estudo importante, de longo prazo, sobre o ácido úrico e sobre os compostos a ele relacionados. A grande distribuição do ácido úrico na Natureza sugeria significado ainda não descoberto e,

em 1882, Fischer fez um esforço preliminar para formular uma família desses compostos. No início, seu trabalho só serviu para tornar o assunto mais confuso. Mas em 1897 reconheceu de que modo uma base molecular única era o composto-base do ácido úrico e de vários outros produtos químicos. A isso, Fischer chamou de *purina*, obtendo o nome do latim *purum* e *uricum*, porque era a base pura do ácido úrico, um composto do nitrogênio. Entre as purinas, encontram-se a guanina e a adenina, as bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos. Situadas em torno de uma base de fosfato de açúcar, essas moléculas formam duas das quatro bases do DNA.

Por sua importância, algumas das substâncias, sintetizadas por Fischer, não passaram despercebidas pela indústria farmacêutica alemã. A cafeína, uma base vegetal encontrada no café, no chá e no chocolate, foi sintetizada, pela primeira vez, num laboratório de Fischer e mais tarde fabricada em larga escala. Ainda mais importantes para a indústria farmacêutica moderna, então nascente, foram as sínteses de Fischer para os barbitúricos. Estes, sendo mais eficientes do que o hidrato de cloral ou do que os compostos de bromo, foram rapidamente vendidos para os médicos e os psiquiatras que os usaram para drogar pacientes com ansiedade. Foram também utilizados, nas pesquisas com animais, como anestésicos. Além disso, do fenil, descoberto por Fischer em 1912, veio o fenobarbital, uma droga de considerável valor no tratamento de ataques cardíacos, também indicada para o tratamento da epilepsia. Não surpreende então que Fischer tenha sido, muitas vezes, cortejado por essa indústria, mas recusou todas as ofertas de participação.

Na década de 1890, Fischer iniciou um estudo a longo prazo das enzimas — proteínas que agem como catalisadores em reações bioquímicas. Ao reconhecer que enzimas específicas têm funções especiais, sugeriu o que estava basicamente correto: eram moléculas assimétricas e reagiam somente sobre certas substâncias. Essa idéia de chave-e-fechadura foi a base para todo o ramo da química de enzimas.

Como uma das conseqüências de seu trabalho com as enzimas, Fischer foi levado a estudar os hidratos de carbono. Teve seus maiores sucessos com os açúcares, que são produtos de sua quebra. Apesar de a composição de vários açúcares já ser conhecida há algum

tempo, suas várias formas eram misteriosas e não podiam ser separadas de seu substrato meloso. Fischer corretamente percebeu que a diferença entre a glicose, a frutose e a manose — estruturalmente o mesmo composto, mas com propriedades diferentes — era causada por átomos de carbono assimétricos. Por volta de 1897, havia conseguido sintetizar todos os três açúcares em laboratório. “No final do século XIX”, escreve o historiador de ciência Alexander Findlay, “o gênio de Fischer parecia ter resolvido o dilema dos açúcares.” Por seus trabalhos, tanto com as purinas, quanto com os açúcares, Fischer recebeu o Prêmio Nobel de Química de 1902.

A despeito de não ser principalmente um teórico, Fischer possuía uma boa noção do alcance potencial da bioquímica. “O véu pelo qual a Natureza escondeu, com tanto cuidado, seus segredos está sendo levantado com relação aos hidratos de carbono”, declarou em seu discurso de recebimento do Prêmio Nobel e profetizou: “Mesmo assim, o enigma químico da vida não será resolvido até que a química orgânica tenha dominado um outro campo, ainda mais difícil, o das proteínas.”

Na verdade, o trabalho de Fischer na química das proteínas foi seu grupo final de descobertas, iniciadas em 1899, e com significado semelhante ao do trabalho anterior. Já era sabido que as proteínas são formadas por aminoácidos que podem ser separados por hidrólise. Fischer não podia imaginar que pudesse sintetizar algo tão complexo quanto uma proteína, mas teve sucesso em criar grupos de aminoácidos, chamados de peptídeos. Em 1914, conseguiu o primeiro nucleótido sintético; e seu resumo da química dos peptídeos, dois anos mais tarde, deu uma perspectiva da complexidade de todo o assunto. Esse trabalho, eventualmente, levou ao reconhecimento de que as proteínas devem suas várias funções a suas formas, e que estas formas, por sua vez, são devidas à seqüência de aminoácidos. Na verdade, a síntese das proteínas, por meio da montagem de aminoácidos, é a função principal do DNA. O grande significado de antecipação do trabalho de Fischer é evidente, pelo fato de que, somente em 1953, FREDERICK SANGER [72], pela primeira vez, determinou a seqüência completa dos aminoácidos de uma proteína; no caso, o hormônio conhecido como insulina.

O filho mais velho de Fischer, Hermann Fischer, tornou-se um químico orgânico bem conhecido e, eventualmente, emigrou para os Estados Unidos. A mulher de Fischer, Agnes Gerlach, deu-lhe dois outros filhos, antes de morrer, em 1895; ambos os jovens foram mortos na Primeira Guerra Mundial. Fischer teve muita atividade no esforço de guerra — a invenção da margarina de éster, como substituto da manteiga, foi derivada de seu trabalho —, mas, no final, ficou sem maiores esperanças. Doente da pele e com desordens gastrointestinais contraídas pelos anos de exposição ao mercúrio e a um outro perigoso produto químico, a fenilidrazina, Emil Fischer suicidou-se no dia 5 de julho de 1919.



Dmitri Mendeleev

& a Tabela Periódica dos Elementos

(1834 – 1907)

Um número relativamente pequeno de elementos específicos, constituídos de átomos de massas diversas, combina-se de maneiras diferentes para se transformar numa enormidade de moléculas que organizam todo o mundo físico. Durante o século XIX, os químicos fizeram esforços esporádicos para classificar os novos elementos, quando eram isolados e caracterizados. Apesar de os vários metais, não-metais e gases parecerem ter um relacionamento fundamental, seu caráter permaneceu um mistério por longo período. Por volta da década de 1860, entretanto, com mais de 70 elementos descobertos e suas propriedades mais bem entendidas, a química estava

pronta para uma generalização nova e poderosa. E Dmitri Mendeleev, um russo memorável e imponente, deu esse passo em 1869, quando introduziu a tabela periódica.

Dmitri Ivanovich Mendeleev nasceu na cidade da Sibéria, chamada Tobolsk — lugar destinado freqüentemente aos prisioneiros políticos na Rússia czarista —, em 27 de janeiro de 1834. Era o mais jovem dos 16 filhos de Ivan Pavlovich Mendeleev e de Marya Kornileva. Professor de filosofia, de política e de artes, Ivan Mendeleev infelizmente ficou cego, resultado de uma catarata, e foi forçado a deixar seu cargo no ginásio, logo depois do nascimento de Dmitri. Sua pensão não era adequada e, daí para a frente, a família passou a ser dirigida por sua mulher, dominadora, mas capaz. Proveniente de uma conhecida família da Sibéria, Marya conseguiu fazer reviver e funcionar, depois da morte do marido, uma fábrica de vidro abandonada pela família.

A infância de Mendeleev é uma história de intelecto e de forte ambição na Rússia do século XIX. No ginásio de Tobolsk, o jovem Mendeleev não gostava nem de ler em latim e nem dos clássicos, mas rapidamente se apegou à física e à matemática. Quando sua mãe foi comunicada da inteligência excepcional do jovem, foi com ele para S. Petersburgo, onde lhe obteve um lugar no Instituto Pedagógico Principal. Ela morreu logo depois. Mendeleev teve um encontro com a morte, quando contraiu tuberculose, e um famoso médico diagnosticou que não teria muito tempo de vida. Mendeleev procurou por uma segunda opinião, a de Nicolai Pirogov, um médico ainda mais célebre, que lhe disse então que, pelo contrário, ele viveria mais do que todos os seus médicos. Sua saúde melhorou dramaticamente em 1856, no mesmo ano em que concluiu seu mestrado em química.

Depois de ensinar por alguns anos na Universidade de S. Petersburgo, Dmitri Mendeleev estudou em Heidelberg, onde, efetivamente, descobriu o fenômeno que hoje é conhecido como temperatura crítica — o ponto no qual um gás não pode mais ser condensado em líquido. Em 1860 participou do Congresso de Química em Karlsruhe, no qual vários caminhos foram abertos e pelo qual Stanislao Cannizzaro reviveu a hipótese de Avogadro e esclareceu, finalmente, o relacionamento entre os átomos e as mo-

lículas.²⁶ Terminado o doutorado em 1865, Mendeleev foi nomeado, em 1867, professor de química geral na Universidade de S. Petersburgo.

Durante a década de 1860, Mendeleev começou a escrever *Princípios de Química*, reconhecendo a necessidade de haver na Rússia um livro-texto de química inorgânica. Ao fazê-lo, entretanto, desenvolveu a finalidade mais ampla — apesar de não estar de maneira nenhuma sozinho nessa tarefa — de trazer ordem a um campo confuso. Como outros químicos, acreditava que os vários elementos tinham que possuir algum tipo de união básica. “Mas, nada, desde cogumelos até as leis científicas, pode ser descoberto sem procurar e tentar”, ele escreveu. “Assim, comecei a procurar em volta e a escrever os elementos com seus pesos atômicos e propriedades típicas, elementos análogos e pesos atômicos semelhantes, em cartões separados, e isso logo me convenceu de que as propriedades dos elementos estão em dependência periódica de seus pesos atômicos.”

Na verdade, uma das estratégias de Mendeleev era preparar cartões individuais e, ao arrumá-los, eventualmente notou a repetição de propriedades, ou seja, o caráter regular ou periódico dos elementos. Ao colocá-los em colunas, de acordo com o peso atômico, ele percebeu que “o valor do peso atômico determina a natureza do elemento”. Os produtos químicos que possuem propriedades semelhantes têm os pesos bem próximos; o manganês (peso 55) e o ferro (peso 56) são exemplos. Além disso, certos elementos têm similaridades marcantes com o aumento uniforme de seus pesos atômicos. Assim, o lítio, com peso 7, é semelhante ao sódio, com peso 23, e ambos são relacionados com o potássio, com peso 39.²⁷ Todos os três são macios e com aparências prateadas, hoje classificados (juntamente com o rubídio, o cézio e o frâncio) como metais alcalinos, ou grupo 1, da tabela periódica.

²⁶ Amedeo Avogadro sugeriu que volumes iguais de gases, na mesma temperatura e pressão, contêm número igual de moléculas. Essa equivalência permitiu pesar os elementos que compõem as moléculas.

²⁷ Esses são os pesos atômicos relativos à tabela de 1869 elaborada por Mendeleev.

Deve ser enfatizado que, ao desenvolver a tabela, Mendeleev empregou seu grande conhecimento de química e sua intuição altamente desenvolvida. Os pesos atômicos eram relativos; em alguns casos, aproximados, e obtidos por experimentação. A tabela periódica tornava-se, assim, uma força de organização e Mendeleev assumiu a temeridade de prever a existência de elementos que não haviam ainda sido descobertos. “Entre os elementos ordinários”, ele escreveu, “a falta de uma quantidade de análogos do boro e do alumínio é marcante.” Conseqüentemente, Mendeleev predisse a existência e previu as propriedades de três elementos que chamou de eka-alumínio, eka-boro e eka-silício. Esses eram o gálio, descoberto em 1875, o escândio e o germânio, descobertos em 1879 e 1885, respectivamente. Algumas das suas outras previsões tiveram menos sucesso.

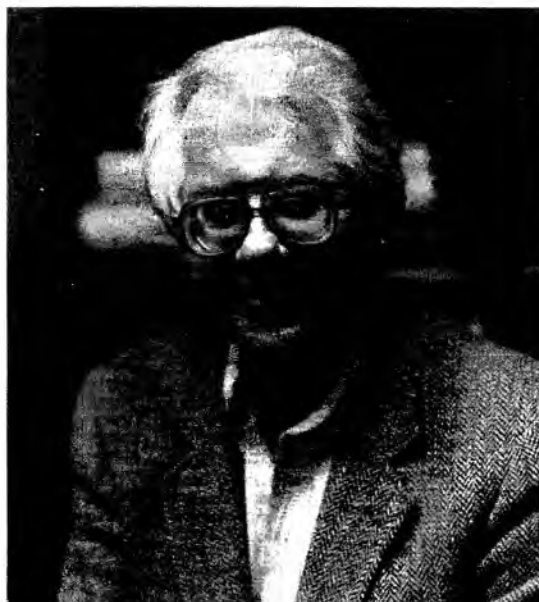
A tabela periódica de Mendeleev foi um dos vários esforços feitos durante a década de 1860 para classificar os elementos e o de maior sucesso. Lothar Meyer, que chegou a uma classificação semelhante à de Mendeleev, aproximadamente na mesma época, recebe, algumas vezes, uma parcela do crédito, do mesmo modo que Alexandre-Émile Beguyer de Chancourtois. Mas a clareza das explicações de Mendeleev e sua decisão de prever as propriedades de elementos ainda não descobertos fizeram com que a tabela fosse usada como padrão e que ele se tornasse um dos cientistas mais famosos de sua época. Seu livro, *Princípios de Química*, um texto único, escrito de forma clara, mas com muitas notas longas de rodapé e comentários irônicos, foi traduzido para muitas línguas.

Na Rússia, até nos dias de hoje, Mendeleev é lembrado por essas realizações e por seu trabalho pioneiro no desenvolvimento da indústria do petróleo na região do Mar Negro. Com essa finalidade, visitou os Estados Unidos em 1876 durante a celebração do centenário de implantação. Ao fazer eco com os pontos de vista de outros europeus da época, Mendeleev não gostou nada dos Estados Unidos, que os achou primitivos e basicamente sem interesse na ciência.

Olhar as fotografias do hipnótico Mendeleev é o suficiente para convencer que sua vida pessoal deve ter sido fascinante. Em 1863, quando ele tinha 31 anos, sua irmã o convenceu a se casar com Nikitichna Leshcheva, uma união extremamente infeliz. Depois de

ter tido dois filhos, o casal se separou, cada um deles incapaz de tolerar a presença do outro na mesma casa. Em 1876, antes de partir para a viagem aos Estados Unidos, Mendeleev conheceu uma linda moça de 17 anos, Anna Ivanova Popov, com quem ele resolveu casar ou, então, pular no oceano e se afogar. Apesar de não ter conseguido um divórcio imediato por intermédio da Igreja Ortodoxa, Mendeleev, mesmo assim, encontrou um padre que estava disposto a casá-lo com Anna. Dessa forma, tornou-se bígamo durante um certo período. Evitou ser processado, apelando ao czar. De acordo com uma história, um nobre, desejando ser dispensado da mesma maneira, também apelou, mais tarde, para Alexandre, fazendo referência ao químico. “Mendeleev tem duas mulheres, sim”, respondeu o czar, “mas eu só tenho um Mendeleev.”

Seu segundo casamento foi excepcionalmente feliz, e o casal teve quatro filhos. Anna apresentou Mendeleev ao mundo da arte, e ele tornou-se colecionador e crítico, sendo até eleito para a Academia de Arte da Rússia. No final da vida, sofreu de catarata, como seu pai. Morreu no dia 20 de janeiro de 1907.



Sheldon Glashow

& a Descoberta do *Charm*

(1932 –)

No final do século XX, os físicos haviam desenvolvido uma poderosa “teoria padrão” sobre as partículas elementares e as forças que as fazem combinar. Iniciada por MURRAY GELL-MANN [45], a propósito da Teoria dos Quarks, que veio a evoluir para a cromodinâmica quântica, a teoria padrão emergiu fortalecida por milhares de experiências feitas durante os últimos 20 anos. Apesar de permanecerem ainda muitas perguntas, a teoria descreve uma gama de partículas de força e de matéria, demonstrando a composição do universo físico e que até podem ser empregadas para ajudar a explicar sua gênese. A teoria padrão une as interações fortes, fracas

e eletromagnéticas sob um teto conceitual único e com a possibilidade de se tornar uma grande teoria unificada, ou GUT. Apesar de ser o resultado do trabalho de numerosos físicos, o personagem-pivô e o mais influente entre eles é, sem dúvida, Sheldon Glashow. “A teoria que temos agora é um trabalho de arte integral”, ele afirmou. “A colcha feita de retalhos tornou-se uma tapeçaria.”

Sheldon Lee Glashow nasceu na cidade de Nova York, em 5 de dezembro de 1932, filho de Lewis Glashow, um emigrante russo e proprietário de um negócio de bombeiro, e de Bella Rubin Glashow. Encorajado a seguir o caminho da ciência por seus pais e por Sam, seu irmão mais velho, seu interesse pela física data do início da Segunda Guerra Mundial, quando ficou curioso com a questão de por que as bombas lançadas dos aviões têm um movimento para a frente ao cair. Depois de cursar a Bronx High School of Science — um de seus colegas foi Steven Weinberg, com quem ele, mais tarde, compartilharia um Prêmio Nobel — foi para a Universidade de Cornell, em 1950, e recebeu o título de Bacharel em Artes, em 1954. Embora não tenha sido desafiado como estudante na faculdade da Universidade de Harvard, Glashow encontrou o entusiasmo da década de 1950 pela Teoria Quântica, por seu trabalho com Julian Schwinger, um dos arquitetos da eletrodinâmica quântica. Nesse período, ocorreu a iniciação de Glashow nos problemas mais desafiadores da física teórica.

Os físicos, na década de 1950, haviam identificado quatro forças básicas na natureza: a da gravidade, a eletromagnética e as interações fortes e fracas. A “interação forte” era responsável pela junção dos átomos, enquanto a “interação fraca” era percebida pelo decaimento radioativo. Entretanto, apesar de que previsões extremamente precisas podiam ser obtidas para as interações eletromagnéticas, em se usando a eletrodinâmica quântica (QED), os esforços para aplicar métodos semelhantes às outras forças levavam a resultados impossíveis e sem sentido. A fim de melhorar a situação, Julian Schwinger havia tentado sugerir que as interações fracas e as forças eletromagnéticas poderiam ser descritas por uma única teoria coerente. Ele, porém, não desenvolveu a idéia, mas sugeriu que Glashow usasse o tema para sua tese de doutorado. “Ele me pediu para pensar a

respeito”, revelou Glashow mais tarde. “E foi isso o que fiz por dois anos — pensar a respeito.”

Em sua tese, *O Vetor Méson no Decaimento das Partículas Elementares* — que lhe deu o doutorado em 1958 —, Glashow discutia a possibilidade de uma teoria de interação fraca, que, como a QED, seria uma teoria de medida “renormalizável”, ou seja, uma que permitisse ajustes nos cálculos para evitar resultados incompreensíveis. Ele sugeriu isso, porque tal teoria seria dependente da QED, “uma teoria totalmente aceitável dessas interações que poderia ser conseguida *somente* se estas fossem tratadas em conjunto”.

A Teoria Eletrofraca foi difícil de formular e não teve aceitação com facilidade. Ao obter uma bolsa da National Science Foundation, Glashow iniciou seu trabalho de pós-graduação no Institute of Theoretical Physics, em Copenhague, na Dinamarca, de 1958 a 1960, bem como no European Center for Nuclear Research (CERN), em Genebra, na Suíça. No final de 1958, estava correto na previsão da possibilidade de uma teoria eletrofraca, mas a formulação, propriamente dita, tinha falhas. Ao fazer uma conferência sobre o assunto, em Londres, na primavera de 1959, seu trabalho foi amplamente criticado e, por algum tempo, ignorado. Entretanto, no final de 1961, ele publicou um artigo fundamental, intitulado *Simetrias Parciais de Interações Fracas*. Na formulação de Glashow, escreveram Robert P. Crease e Charles C. Mann, “as forças fracas e eletromagnéticas dentro do átomo são como duas crianças com um trem [de brinquedo] em miniatura, bem complicado, e cada uma num dos painéis de controle: elas nervosamente mexem nos interruptores, dão apitos e mudam a aceleração, sem se consultar”. O movimento final do trem resulta de uma combinação da ação das duas — e é assim com as partículas atômicas. Ao avaliar o artigo, anos mais tarde, Glashow concluiu que “era um artigo brilhante, mas quase ninguém o leu”.

Entretanto, a convite de Gell-Mann, que era um personagem dominante da física teórica, Glashow aceitou uma bolsa no California Institute of Technology, em 1960, e permaneceu na Costa Oeste para ensinar durante vários anos na Universidade de Stanford e na Universidade da Califórnia, em Berkley. O Caminho de Oito Camadas e a Teoria dos Quarks, de Gell-Mann, afetavam diretamente o

próprio trabalho de Glashow, que em 1964 publicou um artigo presciente sobre a Teoria dos Quarks, escrito em parceria com James D. Bjorken.

Na teoria inicial de Gell-Mann, a hipótese é que três *quarks* subatômicos, identificados como “para cima, para baixo e estranho”, eram os blocos formativos dos “hádrons” ou partículas subatômicas pesadas. Glashow e Bjorken logo sugeriram um quarto *quark*, o *charm*, que podia, eles raciocinaram, dar à teoria maior unidade. Essas idéias, entretanto, do mesmo modo que o artigo anterior de Glashow sobre a teoria eletrofraca foram inicialmente desprezadas, principalmente devido à falta de provas experimentais. Em 1966, Glashow aceitou uma cadeira na Universidade de Harvard e voltou para a Costa Leste, mas durante os anos seguintes encontrou a física num período de estagnação.

Dois importantes desenvolvimentos armaram o palco para uma revolução, que culminaria com um novo modelo padrão. Um deles foi o término de uma teoria eletrofraca funcional, que Glashow havia iniciado anos antes, feito por Steve Weinberg e, independentemente, na Inglaterra, por Abdus Salam. Outro foi um problema no esquema de decaimento das partículas “estranhas” que Glashow chamou de “correntes neutras com mudanças na estranheza” (SCNC). Glashow e seus colegas, John Iliopoulos e Luciano Maiana, então perceberam que o problema poderia ser retificado pela inclusão, nos cálculos, de um quarto *quark* — o *charm* — que ele havia proposto anos atrás. “O *charm*, percebemos, não só recompõe a simetria perdida entre os léptons e os *quarks*”, escreveu Glashow mais tarde, “mas também fornece um mecanismo natural e elegante para a supressão das correntes neutras com mudanças na estranheza. Como diz o dicionário, o *charm* evita a maldade.”

Numa conferência de técnicos em espectroscopia de massa, na Universidade Northeastern, em 1974, Glashow sugeriu que o pessoal que fazia experiências logo deveria encontrar o *charm*. Em “*Charm: Uma Invenção que Espera a Descoberta*”, Glashow propôs uma aposta: “Um, se o *charm* não for achado, eu como meu chapéu. Dois, o *charm* é encontrado pelos técnicos em espectroscopia e fazemos uma festa. Três, o *charm* é encontrado por estrangeiros e vocês comem *seus* chapéus.” Enfim, as partículas de *charm* foram

logo descobertas — apesar de não o serem pela espectroscopia, mas pelos aceleradores de alta energia. Na verdade, a partícula, que o pessoal das experiências chamava de “J/psi”, confirmava, de um só golpe, a existência dos *quarks* e do *charm*. O artigo teórico-chave de Glashow *Foi o Charm Prisioneiro Achado?*, escrito em colaboração com Alvaro De Rújula, em 1975, reprisava a importância dessas descobertas e fazia uma série de previsões, a maioria das quais acabou sendo correta, incluindo a que previa partículas com o *charm desnudo* — um quark, com todas as qualidades previstas para o *charm*. Numa reunião, em 1976, foram dados chapéus de confeito para que os técnicos em espectroscopia de massa os comessem.

Um determinante, mesmo na física do século XX, a descoberta do *charm* levou a uma teoria mais ampla que incorporava as descobertas de Glashow, de Gell-Mann, de Weinberg e de muitos outros físicos teóricos e experimentais. O que passou a ser conhecido como o “modelo padrão” deslocou o “modelo de alça de bota”, que havia, por muitos anos, competido com a teoria dos *quarks*, que se desenvolvia.²⁸ Contendo a teoria eletrofraca e a cromodinâmica quântica, o modelo padrão explica as interações fortes, fracas e eletromagnéticas de todas as partículas elementares. (A gravidade não está incluída na teoria.) “A teoria”, escreve Glashow, “parece oferecer, em termos de 17 parâmetros arbitrários, uma descrição completa e correta da fenomenologia das partículas. Não há nada solto, não há nenhum fenômeno observável que seja incompatível com a teoria.”

O grande sucesso da teoria padrão para explicar as interações físicas ainda deixa uma série de perguntas sem resposta. Glashow tornou-se um dos maiores físicos na procura de uma grande teoria unificada que desse uma teoria geral do QCD, juntamente com a força eletrofraca. Glashow, iniciando em 1974, desenvolveu a primeira GUT, que se tornou conhecida como SU(5), num artigo curto, que juntou as descobertas básicas feitas na física desde a década de 1950. O termo SU(5) quer dizer Grupo Especial Unitário em

²⁸ O modelo “alças de bota” (“democracia nuclear”) sugeria que as partículas subatômicas conhecidas — elétrons, nêutrons e prótons — não seriam mais importantes do que as outras partículas menos conhecidas, que constituíam os blocos básicos de construção da matéria.

cinco dimensões e inclui a idéia instigante de que até o presumivelmente estável próton está também sujeito a decaimento em períodos extremamente longos. O $SU(5)$ não foi verificado experimentalmente. Atualmente, é uma das séries de teorias GUT competitivas disponível para os físicos.

Considerado como “cortês, responsável, cooperativo e maduro”, quando ganhou o Westinghouse Talent Search no ano de 1950, Glashow era popular, além de ser um personagem com muita fama na comunidade da física, quase meio século depois. Em 1979, Glashow recebeu o Prêmio Nobel pelo trabalho de desenvolvimento da Teoria Eletrofraca, que ele compartilhou com Steven Weinberg e Abdus Salam. É membro da National Academy of Sciences, e, entre muitas honrarias, também ganhou o J. R. Oppenheimer Award de 1976. Desde 1987, é o Professor Mellon de Ciências, na Universidade de Harvard. Em 1972, Glashow casou-se com Joan Shirley Alexander (irmã de LYNN MARGULIS [80]) e tiveram quatro filhos. O *Interactions*, de Glashow, publicado em 1988, é uma mistura interessante de autobiografia e de física teórica.



James Watson & a Estrutura do DNA

(1928 –)

Para descobrir a estrutura do ácido desoxirribonucléico (DNA), James Watson iniciou uma busca que demonstra o caráter internacional da ciência no século XX. Em Chicago, no Estado de Illinois, ao ler *What is Life?*, de ERWIN SCHRÖDINGER [18], engajou-se na descoberta dos segredos biológicos dos sistemas vivos. Sob a tutela dos cientistas imigrantes, que haviam fugido da Alemanha nazista, ficou interessado no trabalho das bacteriofágicas, partículas virais que são nada mais do que fios de DNA, envoltos por uma bainha de proteína. Para conhecer mais sobre elas, foi para Copenhague e, numa reunião na Itália, descobriu como sua estrutura cristalina pode

ser revelada pelo uso da fotografia de difração de raio X. Ao ir para a Inglaterra, colaborou com FRANCIS CRICK [33], numa competição acalorada com outros cientistas, para descobrir a estrutura do DNA. Em conjunto, vieram a reconhecer que era uma estrutura tipo escada, duplamente helicoidal, ideal para conter informação genética replicante. Sem muita surpresa, Watson, que, como americano, convivia muito menos facilmente com a fama do que Crick, sentiu-se obrigado a escrever uma arquivemória, que incomodou seus colegas e, em uma década, havia terminado sua carreira como pesquisador original. Mas se manteve uma autoridade em biologia, muito apreciado por sua integridade. Pela descoberta do DNA, sir Lawrence Bragg, diretor do Laboratório Cavendish, disse uma vez: “Não creio que Crick o tivesse jamais feito, em separado de Watson, nem por um momento.”

Nascido em Chicago, no Estado de Illinois, em 6 de abril de 1928, James Dewey Watson cresceu numa família pobre financeiramente, mas num ambiente intelectualmente rico. Seu pai, James Watson Sr., ganhava modestamente como coletor de dívidas, mas também era um devotado observador de pássaros, que instilou em seu filho um interesse pela ornitologia. Sua mãe, Jean Mitchell Watson, trabalhava na Universidade de Chicago. Muito ativa na política democrática, engajou James em debates sobre a influência relativa da hereditariedade e do ambiente. Dotado de uma memória fotográfica, Watson apareceu no *Quiz Kids*, programa popular de rádio que apresentava jovens com talentos excepcionais.

Em 1943, Watson entrou para a Universidade de Chicago, com uma bolsa, recebendo seu bacharelato em 1947 como especialista em zoologia. Enquanto *senior* na universidade havia se interessado pela genética, e, como Francis Crick, ficou muito impressionado pelo livro de Erwin Schrödinger, *What is Life?*, publicado em 1945. “Fiquei atraído por descobrir o segredo do gene”, Watson revelou mais tarde, chegando ao ponto de até dominar sua ojeriza pela química orgânica.

A educação adicional de Watson o colocou em contato com um grupo virtualmente ideal de cientistas. “Fui treinado para encontrar a estrutura do DNA”, comentou uma vez, “do mesmo modo que o príncipe Charles foi treinado para ser rei.” Na Uni-

versidade de Indiana, Watson estudou com Hermann Joseph Müller, o laureado Nobel que havia fugido da Alemanha e da União Soviética e que havia descoberto que os raios X podem causar mutações genéticas. O coordenador da tese de Watson foi o biólogo Salvador Luria, um dos fundadores do grupo de cientistas que estava estudando a genética dos organismos simples, conhecidos como bacteriófágicos — uma forma de vírus que se multiplica dentro da bactéria. Além disso, durante seus estudos de graduação, Watson viajou para Cold Spring Harbor, em Long Island, e para o California Institute of Technology, onde conheceu MAX DELBRÜCK [68], o iniciador dos estudos fagos.

Ao concluir seu doutorado em Indiana, em 1950, Watson viajou para Copenhague com uma bolsa do National Research Council, para pesquisa pós-doutorado. Num congresso em Nápoles, Itália, em 1951, foi a uma conferência de Maurice Wilkins, um físico nuclear que se havia interessado por biologia e estava começando a usar a cristalografia de raio X para estudar a molécula complexa do DNA. “Subitamente, fiquei entusiasmado com a química”, escreveu Watson no livro *The Double Helix*. “Antes da conferência de Maurice, estava preocupado com a possibilidade de que o gene pudesse ser fantasticamente irregular. Agora, entretanto, eu sabia que o gene poderia cristalizar; portanto, deveria ter uma estrutura regular que tenderia a ser resolvida de maneira direta.” Essa percepção uniu o conhecimento de Watson, da Teoria do Fago, com a técnica originada na física atômica. O interesse nos estudos de Wilkins levou Watson ao Laboratório Cavendish, em Cambridge, onde se encontrou e começou a colaborar com o físico britânico e candidato a doutorado, Francis Crick.

A história da colaboração entre Watson e Crick, e como isso levou à descoberta da estrutura do DNA, já foi contada muitas vezes; o próprio Watson deu seu relato pessoal no livro *The Double Helix*, publicado em 1968. Suas experiências eram complementares e, logo, começaram a compartilhar um escritório. Durante os dois anos seguintes, trabalharam na estrutura do DNA. “Mr. Crick tinha 35 anos, Dr. Watson, 23”, escreve Horace Freeland Judson, no livro *The Eight Day of Creation*. “O que Watson havia feito com Luria e com Delbrück pôde, mais uma vez, fazer quase que instan-

taneamente, criando uma confiança intelectual mútua com um cientista brilhante e mais velho, e que estava livre da competitividade severa que a maioria de seus colegas da mesma idade haviam sentido.”

Ao seguirem o direcionamento do grande químico LINUS PAULING [16], com quem estavam efetivamente competindo, Watson e Crick iniciaram a construção de modelos de metal e de papelão da molécula de DNA, tal como a concebiam hipoteticamente. O DNA, que se sabia existir em todas as células e que, pensava-se, controlava a produção de enzimas, consistia de quatro bases, uma molécula de açúcar e uma molécula de fosfato. Apesar de sua estrutura crucial, esta somente podia ser imaginada pelos estudos de difração de raio X. A configuração das bases relativas à coluna dorsal da molécula, o número de cadeias que formavam a espinha dorsal e os tipos de ligações ainda estavam por ser determinados.

Depois que os esforços iniciais falharam, em 1951, Watson e Crick voltaram ao problema. Então, em fevereiro de 1953, enquanto trabalhavam com o modelo em papelão, Watson teve o que pode ser caracterizado como uma intuição crítica. “Subitamente, eu me dei conta”, ele escreveu, “que um par adenina-timina, preso por duas ligações de hidrogênio, era idêntico em formato a um par guanina-citosina, sendo preso por, pelo menos, duas ligações de hidrogênio.” Eram, na realidade, *duas* cadeias de moléculas, presas por ligações de hidrogênio e envolvendo uma base de açúcar e de fosfato. No decorrer de um mês, Crick e Watson haviam desenvolvido um modelo, de acordo com o que era experimentalmente conhecido, e que prometia uma estrutura complementar que permitiria a réplica. Seguiram a publicação de um artigo resumido em *Nature*, em dia 25 de abril de 1953, e um artigo mais longo e explicativo, no dia 30 de maio.

Enquanto Crick permaneceu por muitos anos em Cambridge e tornou-se a força principal por trás dos desenvolvimentos-chave da biologia molecular, Watson voltou para os Estados Unidos, onde se juntou com Delbrück e outros, no California Institute of Technology. Em 1955 foi para a Universidade de Harvard. Apesar de ter publicado poucas pesquisas depois de receber o Prêmio Nobel, que compartilhou com Crick e com Maurice Wilkins, em 1962, perma-

neceu um personagem de potente influência na biologia molecular. Depois escreveu só dois livros, *The Molecular Biology of the Gene*, um trabalho didático, publicado pela primeira vez em 1965, e, em 1983, *The Molecular Biology of the Cell*.

Lá pela década de 1960, a influência de Watson se fazia sentir em todo o campo da biologia molecular. Em 1968 aceitou o cargo de diretor do Cold Spring Harbor Laboratory. Durante os oito anos seguintes, viajava entre o Laboratório e Harvard, deixando esta em 1976 para dirigir Cold Spring Harbor em tempo integral. Sob sua administração, o foco das pesquisas foi a genética do câncer, e, em 1981, os cientistas do Laboratório foram os primeiros a isolar o *ras*, o "oncogene" causador do câncer. A pesquisa na bioquímica e na genética da formação de tumores, bem como outros tópicos, transformou Cold Spring Harbor num dos principais centros de pesquisa do país.

Quando o Human Genome Project foi iniciado, em 1987, Watson tornou-se a escolha natural para liderá-lo, dando prestígio e aumentando sua imagem. Num esforço para caracterizar todo o genoma, mapeando seus 50 a 100 mil genes, o projeto foi impulsionado por novos avanços tecnológicos. Um mapa completo do genoma prometia novas maneiras de prevenir, detectar e tratar as doenças, bem como antevia uma variedade de aplicações industriais. Foi um esforço conjunto do National Institutes of Health e do U. S. Department of Energy, e a complexidade do programa demandava alguém com a grandeza e capacidade de Watson e com suas credenciais intelectuais. Watson serviu como chefe do Office of Genome Research, de outubro de 1988 até pedir demissão, em abril de 1992. Conhecido por sua retidão, Watson teve um período controvertido como burocrata.

James Watson permaneceu diretor do Cold Spring Harbor até o final de 1993, quando saiu para se tornar presidente da organização. Em 1968, Watson casou-se com Elizabeth Lewis, sua assistente de laboratório, 20 anos mais nova. Tiveram dois filhos, Rufus e Duncan.

Em 1993, quando da celebração do quadragésimo aniversário da descoberta da estrutura do DNA, Watson trouxe 130 colegas, incluindo Francis Crick, a Cold Spring Harbor. E declarou, lem-

brando-se de sua primeira visita ao laboratório, na qualidade de estudante graduado: “Como que completou minha total liberação, porque aqui estavam todas essas ótimas pessoas, cuja única ambição não era ganhar dinheiro, mas...[responder] somente uma pergunta: O que é o gene?... Era o *paraíso*!”



John Bardeen & a Supercondutividade (1908 – 1991)

John Bardeen foi um dos participantes-chave em duas descobertas fundamentais da física contemporânea, de possibilidades e de conseqüências práticas imensas. Ao trabalhar nos Laboratórios da Bell, depois da Segunda Guerra Mundial, Bardeen foi um dos três personagens centrais do desenvolvimento do transistor, que em poucos anos tornou-se um componente indispensável em todas as áreas da tecnologia eletrônica. Durante a década de 1950, Bardeen também descobriu uma solução teórica para o problema da supercondutividade — a propriedade de certos metais, em baixas temperaturas, perderem toda a resistência à condução da eletricidade.

A Teoria BCS (batizada por Bardeen, Leon Cooper e John R. Schrieffer) passou a ser a base para a pesquisa, que continua prometendo novas tecnologias, com enorme impacto na economia global. Motores, geradores e outras máquinas supercondutoras, de alta eficiência, têm o potencial para avanços revolucionários na eletrônica, no século XXI.

John Bardeen nasceu em 23 de maio de 1908, em Madison, no Estado de Wisconsin. Seu pai, Charles Russell Bardeen, era professor de anatomia e foi reitor da Escola de Medicina da Universidade de Wisconsin. Sua mãe, Althea Harmer Bardeen, era professora e artista, falecendo quando John ainda adolescente. Encorajado ao academismo por seus pais, Bardeen foi excelente na escola, iniciando com álgebra quando tinha 10 anos de idade, e promovido várias vezes, saltando alguns anos. Coursou a Universidade de Wisconsin, a partir de 1923, com 15 anos de idade, e interessou-se pela física matemática, sob a influência de PAUL DIRAC [20], então visitante na universidade. Entretanto, só recebeu o bacharelato em engenharia em 1928 e o grau de mestre em 1929.

Em muitos anos, durante a Grande Depressão, Bardeen trabalhou como geofísico com a Gulf Research and Development Corporation, em Pittsburgh, especializando-se em problemas de procura eletromagnética de depósitos de petróleo. Na metade da década de 1930, conseguiu realizar seu objetivo de estudar ciência pura e cursou o Instituto para Estudos Avançados na Universidade de Princeton. Recebeu o doutorado em física matemática em 1936. Seu conselheiro no Instituto era Eugene Wigner, um dos grandes físicos húngaros, conhecido por seu trabalho na física do estado sólido. Bardeen continuou em pesquisa de pós-doutorado na Universidade de Harvard, ensinou na Universidade de Minnesota e, durante a Segunda Guerra Mundial, trabalhou com o U. S. Naval Ordnance Laboratory, que utilizou seu trabalho anterior em geofísica para desenvolver medidas de proteção contra torpedos.

Depois da Guerra, a hegemonia industrial dos Estados Unidos criou um futuro que pertencia à eletrônica e no qual a inovação e o desenvolvimento de novos produtos teriam um papel determinante. Esse era o contexto para o desenvolvimento da física do estado sólido, o estudo da maneira como certos materiais metalóides, tais

como o silício e o germânio, conduziam a eletricidade. Os cientistas, nos Laboratórios da Bell, esperavam poder usar esses “semicondutores” para suplantar a tecnologia da válvula de elétrons. As válvulas de elétrons, ou de vácuo, são circuitos nos quais a eletricidade pode ser fácil e instantaneamente controlada. Foram extensamente usados nos rádios e nas tecnologias emergentes de computadores. Mas eram grandes e volumosas e tinham limites estritos de praticabilidade. Em contrapartida, os semicondutores são muitas vezes menores, mais confiáveis e mais baratos; o silício, por exemplo, é o segundo elemento mais abundante na Terra.

Apesar de haver tentado mudar para a física nuclear, Bardeen foi recrutado, em 1945, pela Bell para a pesquisa do estado sólido. Tornou-se, juntamente com W. H. Brattain, parte da famosa equipe dirigida por William Shockley. Ao utilizarem cristais de germânio, Bardeen e Brattain, em 1948, inventaram um esquema de “contato de ponto”, que podia amplificar um sinal de áudio. E mostraram como era possível obter o mesmo controle sensível da corrente elétrica, através dos semicondutores, que o obtido com as válvulas a vácuo. A resistência podia ser cuidadosamente controlada pela ‘dopagem’ do semicondutor, e toda uma gama de efeitos podia ser demonstrada, até mesmo a sensibilidade à luz. Esses transistores iniciais — assim nomeados — foram, entretanto, frágeis e pouco práticos, até que Shockley desenvolveu uma versão mais estável, em 1952. O desenvolvimento subsequente de circuitos integrados e de *chips* de silício, com todas as enormes conseqüências para a tecnologia, foi baseado em seu trabalho. Não é de surpreender que, em 1956, Bardeen compartilhasse o Prêmio Nobel com Shockley e com Brattain.

Um dos grandes enigmas da física havia sido proposto em 1911, quando o físico holandês HEIKE KAMERLINGH ONNES [61] descobriu que o mercúrio a temperaturas muito baixas, subitamente, perde toda a resistência à passagem da corrente elétrica. Isso foi, eventualmente, demonstrado para muitos metais e para compostos metálicos, apesar de que nada, nas leis da física, explicasse o porquê. Kamerlingh Onnes, corretamente, deduziu que a resposta seria encontrada por meio da Teoria Quântica. Porém, 40 anos se passaram sem progresso. “John aspirava, apaixonadamente, liderar o

esforço para decifrar o mistério da supercondutividade”, escreveu o colega de Bardeen, Conyers Herring. Com essa finalidade, Bardeen aceitou o posto de professor de física e de engenharia na Universidade de Illinois, em 1951. Também pode ter sido motivado a deixar os Laboratórios da Bell, devido a conflitos com Shockley, considerado como muito difícil de trabalhar em conjunto.

A Teoria BCS começou a evoluir por volta de 1950, quando Bardeen soube que os isótopos ou diferentes formas de certos elementos tornavam-se supercondutores em diversas temperaturas. Isso sugeria a Bardeen uma interação específica entre os elétrons e as vibrações na malha atômica pela qual os elétrons se movem. Depois de publicar uma versão inicial e incompleta de uma teoria, Bardeen continuou a trabalhar nisso, com Leon N. Cooper, um cientista de Nova York — a quem Bardeen chamava de “meu mecânico de quantum do Leste” —, e com um estudante graduado, John R. Schrieffer. Em 1957 anunciaram uma teoria geral que explicava a supercondutividade.

Numa construção teórica elegante que NIELS BOHR [3] considerava linda em sua simplicidade, a Teoria BCS mostra como a supercondutividade é uma consequência do relacionamento entre os elétrons e os fônons, que são *quanta* de energia vibratória. Os fônons atrapalham o movimento dos elétrons e, portanto, causam a resistência à passagem da corrente elétrica através do metal. Em baixas temperaturas, entretanto, essas vibrações são reduzidas. E isso afeta o relacionamento entre os elétrons: eles formam “pares”, nos quais dois elétrons de giros e de momentos opostos são unidos. (A análise matemática desses “pares de Cooper” foi preparada por Schrieffer.) Quando se aplica uma corrente elétrica, os elétrons em pares se movem através do sólido superfrio, todos com o mesmo momento e sem resistência.

A Teoria BCS foi rapidamente aceita e deu a Bardeen, Cooper e Schrieffer o Prêmio Nobel de Física de 1972. (Bardeen, assim, tornou-se o primeiro cientista de todos os tempos a receber dois Prêmios Nobel na mesma especialidade.) A supercondutividade não teve aplicação imediata devido às baixas temperaturas necessárias para que ocorresse. Mas encontrar materiais que supercondussem a temperaturas mais altas havia se tornado uma meta prática. Em

1986, veio o anúncio de um material de cerâmica que se tornava supercondutor a 35°K — ainda frio, mas ficando mais quente. Em pouco tempo, outras substâncias foram encontradas que superconduziam a aproximadamente 100°K. Isso permitia aos tecnologistas desenvolver pequenos aparelhos conhecidos como SQUIDS (Aparelhos Supercondutores de Interferência Quântica) para aplicações em medicina, em geologia e em outros campos. A perspectiva de um material que possa ser usado quase que na temperatura ambiente permanece como meta plausível. E poderia levar a profundas mudanças na vida cotidiana.

John Bardeen ensinou no Centro de Estudos Avançados, na Universidade de Illinois, de 1959 até sua aposentadoria em 1975. Era tranqüilo e amigoso, ocasionalmente de humor leve, mas capaz de grandes fúrias. Foi casado com Jane Maxwell, com quem teve duas filhas e um filho, William, que se tornou teórico de partículas elementares. John Bardeen morreu de ataque cardíaco, em 30 de janeiro de 1991.



John von Neumann & o Computador Moderno

(1903 – 1957)

Um dos principais arquitetos do computador moderno, John von Neumann é também lembrado pelo desenvolvimento da Teoria dos Jogos, um elemento da estatística, adotado pela economia, pela estratégia militar e por outros campos. Von Neumann era geralmente considerado um gênio. Eugene Wigner chamava sua mente de “um verdadeiro milagre” e HANS BETHE [58] imaginava se seu cérebro “não indicaria uma espécie superior à do homem”. Depois da Segunda Guerra Mundial, seu papel como consultor das Forças Armadas dos Estados Unidos tornou-o personagem importante na corrida armamentista da Guerra Fria. Von Neumann, de acordo com

o físico Herbert York, possuía uma “credibilidade com os oficiais das Forças Armadas, com engenheiros, com industriais e cientistas que ninguém conseguia igualar”. Sua excepcional influência nos corredores do poder fez de Von Neumann um personagem controvertido, em anos recentes, e uma fonte de reflexão sobre as metas e realizações da ciência no mundo contemporâneo.

Talvez o mais significativo cientista do início do século XX, entre os grandes cientistas originários da Hungria, John von Neumann nasceu como Margittai Neumann János, em 28 de dezembro de 1903, em Budapeste. Sua mãe, Margaret, vinha da próspera classe média judaica, e seu pai, Max, era banqueiro, que cuidadosamente cultivou o intelecto do filho, fazendo dos jantares familiares virtuais salas de aula, temperadas com fino humor. Autêntica criança-prodígio, Neumann podia dividir, mentalmente, números de oito dígitos, quando tinha apenas seis anos, e aprendeu cálculo ao atingir os oito anos. Também desenvolveu interesse em história e podia recitar minúcias do julgamento de Joana D’Arc e das batalhas da Guerra Civil Americana. Apesar de a matemática ter se tornado seu interesse principal como criança, seu pai conseguiu convencê-lo de que deveria estudar química, o que fez na Universidade de Berlim, de 1921 a 1923, e em Zurique, de 1923 a 1925. Em 1925, recebeu um título de engenheiro químico de Zurique e, no ano seguinte, um de Ph.D. em matemática, em Budapeste.

Na metade da década de 1920, Neumann procurou fazer avançar a lógica matemática. Uma tentativa de criar um sistema matemático totalmente autoconsistente, por Bertrand Russell e Alfred North Whitehead no *Principia Mathematica*, havia causado muita discussão sobre seus fundamentos básicos. No trabalho com David Hilbert, o qual desenvolvera uma geometria não-euclidiana, alguns anos antes, Von Neumann fez uma série de contribuições na direção da descoberta de uma matemática autoconsistente. Em 1931, entretanto, a forte prova de Kurt Gödel, de que qualquer sistema consistente usando números iria gerar fórmulas que não poderiam ser comprovadas sem a recorrência a axiomas externos, colocou um fim nesses esforços. De maior sucesso foi a análise de Von Neumann sobre a Teoria Quântica; sua obra *Fundamento Matemático da Me-*

cânica Quântica tornou-se o livro-texto principal nesse campo, permanecendo como tal por muitos anos.

O interesse de Von Neumann na Teoria dos Jogos também data do final da década de 1920, quando estabeleceu uma análise matemática dos vários jogos de azar, juntamente com regras estratégicas para jogá-los. Em seu livro *Teoria dos Jogos de Salão*, publicado em 1928, Von Neumann separou os jogos “estritamente determinados”, tais como o xadrez — nos quais, a potencial estratégia do oponente não tem nenhum efeito para descobrir qual é a melhor jogada —, de outros — nos quais as estratégias são inter-relacionadas —, tais como o pôquer ou o *matching pennies*. Para este, Von Neumann mostrou que existe uma ótima “estratégia mista”, pela qual o jogador muda de estratégia arbitrariamente. No início da década de 1940, Von Neumann colaborou com um economista, Oskar Morgenstern, para aplicar a “teoria minimax”, em problemas como a taxa de câmbio, o monopólio e o mercado livre; publicaram *A Teoria dos Jogos e o Comportamento Econômico*, em 1944. O conceito de “jogo com soma diferente de zero”, no qual os jogadores podem achar útil formar coalizões, pertence a Von Neumann. Com o tempo, a Teoria dos Jogos foi adaptada, com vários graus de sucesso, à economia e à biologia evolucionária, às ciências sociais, à epidemiologia, à estratégia militar, à organização dos negócios, à filosofia e à política. De modo geral, era típico de Von Neumann traduzir os termos da linguagem comum para os da análise matemática, cheia de nuances. Quando foi solicitado a informar quantas cadeiras do Congresso americano poderiam ser distribuídas com equilíbrio, respondeu que havia não menos do que cinco medidas matemáticas para determinar o que seria “equilibrado”.

Em 1930, Von Neumann foi convidado para ensinar na Universidade de Princeton, sendo nomeado professor no ano seguinte. Começou a participar do Instituto para Estudos Avançados da universidade, em 1933, e permaneceu ligado a ele pelo resto de sua carreira. Tornou-se um emigrante legítimo, com a ascensão do nazismo na Europa. Em 1937, com a guerra se aproximando, foi nomeado consultor do Laboratório de Pesquisa de Balística do Exército dos Estados Unidos. Von Neumann expandiu seu trabalho para os militares, com a chegada da guerra, e se integrou ao projeto

da bomba atômica como consultor, em Los Alamos, em 1943. Ele e EDWARD TELLER [88] recomendaram que fosse usada a implosão para dar início à explosão da bomba atômica e elaboraram os cálculos para esclarecer como executar esse trabalho. Para o máximo de impacto, Von Neumann também defendeu lançar a bomba sobre Kyoto, uma cidade com grande significado histórico e religioso e que havia sido preservada intacta durante a guerra. Mas sua escolha de alvo foi rejeitada pelo secretário de Guerra, Henry Stimson.

A contribuição de John von Neumann para o desenvolvimento do computador foi possivelmente sua realização mais notável e de maior alcance. Em seu trabalho durante a guerra, Von Neumann começou a investigar as possibilidades de desenvolver uma máquina eletrônica que fizesse o trabalho das calculadoras mecânicas. Achou que os computadores relativamente simples, de cartão perfurado, em uso na época, não impressionavam, mas seu interesse — ele chamava de seu “interesse obscuro” — foi provocado, levando-o a uma reunião, em 1944, com John William Mauchly e com J. Presper Eckert. Eles haviam desenvolvido um “Integrador e Calculador Numérico Elétrico”, uma máquina enorme e difícil de manusear, que ocupava 180 metros quadrados de área, usava cartões perfurados para as entradas e saídas e para os cálculos tinha um sistema de programação de instruções, complicado e desajeitado. Era primitivo, pelos últimos padrões, mas processava os números mil vezes mais rápido do que os computadores iniciais. De acordo com Norman Macrae, quando Von Neumann viu o primitivo ENIAC, “a parte visionária de sua mente começou a voar, para pensar em imitar o cérebro com 17 mil válvulas de rádio”.

Na história complexa, e algumas vezes amarga, que se seguiu, incluindo batalhas sobre direitos de patentes, a Von Neumann é geralmente dado o crédito pelo conceito do sistema de programa estocado e, portanto, do computador programado que usamos hoje. Joel Shurkin sentencia em *As Máquinas da Mente*: “O gênio de Von Neumann esclareceu e descreveu os caminhos melhor do que qualquer outro... Enquanto os outros usavam instruções digitais primitivas para suas máquinas, Von Neumann e sua equipe estavam desenvolvendo instruções que perdurariam, com modificações, pela maior parte da era do computador.” Ele reconheceu, nos computa-

dores, o potencial de fazer previsões estatísticas, baseadas em cálculos que seriam fundamentalmente muito complexos para os humanos, e também ficou empolgado por uma série de idéias criativas relacionadas à sua aplicação potencial.

Ao conseguir o interesse e verba dos militares, quando trabalhava no Instituto de Estudos Avançados (IAS), depois do término da guerra, Von Neumann propôs-se a criar um computador digital diferente de tudo que havia sido visto até o momento. A máquina do IAS era um modelo altamente influente e cuja arquitetura “von Neumann” foi utilizada por outros pesquisadores enquanto estava ainda se encontrava no estágio de desenvolvimento. Por volta de 1952, o computador de Von Neumann era operacionalizável, do mesmo modo que outras máquinas importantes, baseadas em seu projeto, incluindo o MANIAC, em Los Alamos, o JOHNNIAC, no Argonne National Laboratory, e o IBM 701, que iria, eventualmente, liderar aquela companhia para dominar o mercado por alguns anos. O primeiro projeto de Von Neumann para o uso do computador foi a previsão meteorológica, que tinha implicações importantes para a estratégia militar e representava um uso específico da matemática não-linear para a qual os computadores eram excelentes.

Na última fase da carreira, Von Neumann, já cansado, tornou-se consultor do governo e dos militares. Fez parte do comitê consultor da Comissão de Energia Atômica, depois do pedido de demissão de J. ROBERT OPPENHEIMER [87], aceitou ser consultor de Edward Teller, no Laboratório Lawrence Livermore, e também da Força Aérea. Um personagem científico importante na política da Guerra Fria, que encarava a bomba atômica da União Soviética como uma ameaça à paz, e a bomba de hidrogênio dos Estados Unidos como a melhor maneira de manter a mesma paz. Era partidário do enérgico presidente Harry Truman e, em 1952, votou em Dwight D. Eisenhower: ambos os presidentes o tinham como um aliado na ciência. Em 1954, chefiou o que veio a ser conhecido como o “comitê Von Neumann” da Diretoria Consultiva Científica da Força Aérea dos Estados Unidos, importante órgão na formação da política americana de armamentos. Manteve-se como membro valorizado dessa diretoria, mesmo quando ficou doente, dois anos depois.

Ao se reconhecer a grande contribuição de Von Neumann para a arquitetura dos computadores, costuma-se elogiar sua presciência e seu gênio na produção dos grandes avanços tecnológicos da era do computador. Mas tal avaliação é muito simplista. “A visão de Von Neumann, como um paradigma da ciência e como tecnologista por excelência”, escreve Steve Heims, “levanta problemas fundamentais relativos à comunidade científica, à tecnologia e à nossa civilização que avança, mas que simultaneamente se deteriora.” Não só o gênio de Von Neumann, mas também seu caráter determinaram sua influência. Seu pensamento dava frutos, embora, como indica o historiador de tecnologia, David F. Noble, “a maneira de fazer matemática axiomática de Von Neumann refletisse sua afinidade pelo poder e pela autoridade militar”. Na verdade, Von Neumann tinha um respeito exagerado pelos militares e por todos seus sinais externos, e, como representante da ciência, suas metas eram “indefinidas, em termos de valores”. Além disso, seus projetos de computadores foram levados da área militar para a indústria, onde se prestaram a formas particulares de automação, demonstrando indiferença marcante pelas necessidades dos seres humanos. É a visão de Von Neumann do mundo eletrônico e não a idéia de Norbert Wiener do “uso humano dos seres humanos”, largamente adotada pela indústria e que incorporou o computador no local de trabalho e no diário das vidas de milhões de pessoas. O legado de Von Neumann é muito grande, mas também complexo e controverso.

John von Neumann fazia-se muito agradável em relacionamentos superficiais, e o psicanalista Lawrence Kubie o achava “muito amistoso e acessível”. Gostava de viver em meio a um relativo luxo, tinha uma atitude imperial com os empregados, gostava de *limericks* de baixo nível e era totalmente sem cuidado ao dirigir, freqüentemente destruindo os carros que guiava. De acordo com o físico Eugene Wigner, um dos amigos mais antigos de Von Neumann, este gostava dos prazeres sexuais, mas não de ligações emocionais e, “de modo geral, via as mulheres em função de seus corpos”. Foi casado com Klari Dan, que se suicidou por afogamento, muitos anos após a morte de Von Neumann. Sua filha Marina tornou-se uma economista de renome.

Em 1956, Von Neumann teve diagnosticado um câncer no pâncreas. Sofreu muito antes de morrer. De origem judaica, sua família havia se convertido ao cristianismo, na década de 1930, para evitar o anti-semitismo. Apesar de ter sido um agnóstico durante a maior parte da vida, converteu-se ao catolicismo no leito de morte. Lá, era visitado com frequência por amigos e por militares, e quase no fim um soldado foi colocado ao pé de seu leito para, caso ficasse delirante, não revelar informações secretas. Ele delirou, sim, mas, se revelou segredos atômicos, não se sabe, porque a língua que falava era o húngaro. Morreu em 8 de fevereiro de 1957.



Richard Feynman **& a Eletrodinâmica Quântica**

(1918 – 1988)

Logo depois de ter sido demonstrado que a mecânica quântica podia prever as propriedades dos átomos, foram criadas ferramentas matemáticas para entender todos os variados fenômenos do eletromagnetismo. O resultado, a eletrodinâmica quântica, originou-se, em torno de 1930, do trabalho de PAUL DIRAC [20], de WERNER HEISENBERG [15] e de outros. Entretanto, por quase duas décadas os resultados foram imprecisos e pouco satisfatórios. A reformulação da QED, que trouxe extraordinária precisão à teoria, está associada a vários importantes personagens: o mais proeminente deles é Richard Feynman.

Autodescrito como “um cara de um só lado”, compartilhou com o filósofo Ludwig Wittgenstein da habilidade intrigante de compensar o conhecimento formal limitado de desenvolvimentos contemporâneos, em seu campo, com uma profunda intuição e com uma capacidade específica de trabalhar os problemas isoladamente. Feynman, um físico matemático tão extraordinário quanto Dirac, com quem é algumas vezes comparado, desenvolveu uma reputação “que transcendeu a qualquer soma bruta de suas reais contribuições”, conforme seu biógrafo James Gleick. Ele tornou-se presença única e iconoclasta na física e eventualmente ganhou uma grande audiência laica por seu livro humorístico e autobiográfico, *Certamente Você Está Brincando, Mr. Feynman*.

Richard Phillips Feynman nasceu na cidade de Nova York, a 11 de maio de 1918, filho de Lucille Phillips Feynman e de Melville Arthur Feynman. Vendedor por profissão, Melville Feynman transmitiu ao filho uma considerável curiosidade pela Natureza. Cresceu em Far Rockaway, tornando-se especialista em reparar rádios, máquinas de escrever e em resolver quebra-cabeças de todos os tipos. “Todos os quebra-cabeças, conhecidos pela humanidade, devem ter chegado a mim”, escreveu mais tarde. “Todos os dilemas desgraçados e malucos que as pessoas inventavam eu conhecia.” Excepcional em matemática e em ciências, Feynman não gostava da pressão acadêmica para que realizasse mais em outras áreas do conhecimento; não leu muito, nem adquiriu alta cultura, como fizeram muitos físicos.²⁹

No Massachusetts Institute of Technology, para onde entrou em 1935, os talentos extraordinários de Feynman, como matemático, tornaram-se evidentes. Executou uma enorme gama de procedimentos para resolver uma grande variedade de problemas de física teórica, e sua tese como sênior, intitulada *Forças e Tensões nas Moléculas*, foi um presságio impressionante. Depois de se formar pelo MIT, em 1939, Feynman transferiu-se para Princeton, vencendo o preconceito institucional, comum naquela época, contra os judeus. Trabalhou com John Wheeler, um líder do desenvolvimento da física nuclear, que logo reconheceu suas habilidades. Recebeu o

²⁹ Seu QI era um modesto 125, o que prova, em vista de suas realizações posteriores, a existência de um forte componente cultural na medida da inteligência.

Ph.D. em 1942 com um trabalho sobre *O Princípio da Menor Ação na Mecânica Quântica*. Ainda com vinte e poucos anos, já era tido como um dos principais físicos teóricos americanos.

Feynman foi recrutado para trabalhar na bomba atômica e se integrou ao Projeto Manhattan, enquanto ainda estava em Princeton. Em 1943, mudou-se para Los Alamos, no Estado do Novo México, onde a bomba estava sendo construída. Impressionou HANS BETHE [58] — Feynman “combinava o brilho com a grandeza” —, que o designou para a posição de líder de grupo. Feynman teve uma atuação impressionante em Los Alamos, introduzindo uma série de técnicas únicas no cálculo complexo, relativo à difusão de nêutrons através de uma massa crítica. Foi designado para estimar quanto material radioativo poderia ser estocado num determinado local, sem perigo, e fez conferências sobre os aspectos teóricos do desenvolvimento da bomba. Estava presente no primeiro teste do artefato nuclear em julho de 1945. A grande explosão produziu nele uma espécie de euforia, porque “durante todo esse tempo estivemos trabalhando duro para que isso funcionasse e não tínhamos muita certeza de como exatamente seria. Sempre tive uma desconfiança dos cálculos teóricos, apesar de eles serem de minha área, e eu nunca tenho uma real certeza de que a natureza vai fazer o que foi calculado que ela deveria fazer. Aqui, ela estava fazendo o que havíamos calculado”.

Na Universidade de Cornell desde 1945, onde se juntou com Bethe, na qualidade de professor assistente, Feynman voltou sua atenção para a eletrodinâmica quântica; a revisão que fez da QED foi um dos principais acontecimentos na física do Pós-Guerra. Apesar de a teoria existente não estar errada, Feynman explicou uma vez: “Quando você ia calcular respostas, encontrava equações complicadas que eram muito difíceis de resolver. Podia-se ter uma aproximação de primeira ordem, mas, quando se tentava refinar, com correções, as quantidades infinitas começavam a aparecer.” Apesar de ser claro que um elétron, por exemplo, agia de maneira previsível num campo eletromagnético, a explicação, em termos de mecânica quântica, envolvia, basicamente, um número infinito de emissões e de absorções de fótons — conhecidos como partículas “virtuais” porque não podem ser percebidas pelos sentidos. Apesar

de numerosos esforços, por parte de personagens como Wolfgang Pauli e Werner Heisenberg, para aperfeiçoar os cálculos, eles continuaram a dar resultados impossíveis, mesmo permanecendo intocável a teoria sobre a qual se baseavam.

O método especial de Feynman empregava uma série de representações (mais tarde, chamadas de “diagramas de Feynman”), que tornavam possível seguir os elétrons e também os fótons, bem como a absorção ou a emissão de fótons pelos elétrons. Essas são as ações básicas descritas pela eletrodinâmica quântica. Os diagramas concretizam os cálculos abstratos, de modo a “renormalizar” os números, permitindo eliminar as infinidades não desejadas. Como consequência desse método de “caminho integral”, a eletrodinâmica quântica foi totalmente revitalizada e, hoje, permite aos cálculos atingirem a precisão incrível de 10^9 . Em 1965, Feynman recebeu o Prêmio Nobel de Física, compartilhado com Julian Schwinger e Sin-Ituro Tomonaga, que também haviam reformulado a QED, aproximadamente na mesma época. O método de Feynman era o mais simples e o mais intuitivo; os diagramas tornaram-se muito usados na resolução de problemas relativos às partículas elementares.

Em 1951, Feynman mudou-se para o California Institute of Technology, onde passou a ser um dos físicos teóricos mais produtivos do mundo. Entre suas realizações estava uma explicação atômica das estranhas propriedades do hélio em estado líquido, que, a temperaturas muito baixas, desafia as leis da gravidade. Ao explicar a “superfluidez”, Feynman chegou perto de entender os fenômenos relacionados da supercondutividade, esclarecidos em 1957 por JOHN BARDEEN [50], por Leon Cooper e por Robert Schrieffer. Feynman também adiantou a teoria do decaimento beta — o comportamento da “interação fraca”, exemplificada pela gradual desintegração dos elementos radioativos.

A descoberta de Feynman de que a lei da conservação da paridade havia sido rompida na interação fraca — indicada pelas experiências feitas durante a década de 1950 — levou-o a um momento que descreve como “a primeira e única vez, em minha carreira, em que eu sabia uma lei da Natureza que ninguém mais sabia”. MURRAY GELL-MANN [45], amigo de Feynman e seu colega na

Caltech, ficou irritado com a presunção, mas, juntos, desenvolveram a Teoria Geral da Interação Fraca, publicada inicialmente em 1958, com o título de “Teoria da Interação de Fermi”. Feynman também contribuiu para o desenvolvimento da teoria de Gell-Mann da cromodinâmica quântica (QCD), que dá uma explicação da estrutura interna das partículas subatômicas.

Feynman era um professor exótico que muitas vezes dava aulas enquanto tocava bongôs; com seu estilo vivaz e humorístico, raramente perdia de vista os temas maiores da física. Em 1963, deu um curso de introdução à física, na Caltech, mais tarde publicado como *As Conferências de Feynman sobre Física*; apesar de ter sido feito como um texto de nível universitário, sua originalidade era tal, que se tornou um trabalho de física básica. Uma outra série de seis palestras para uma audiência laica — *As Características da Lei Física* —, publicada pela primeira vez em 1965, dá uma idéia do estilo de palestra de Feynman e é uma introdução básica à gravidade, ao relacionamento entre a ciência e a matemática, aos problemas de conservação de energia, às leis da simetria e ao conceito de entropia. Durante a década de 1980, Feynman também proferiu palestras para audiências descontraídas, mas interessadas em auto-atualização, no Esalen Institute, em Big Sur, na Califórnia. Tornou-se conhecido de um público mais amplo, a partir de 1985, por meio de uma memória autobiográfica que virou *best-seller*: *Certamente você está brincando, Mr. Feynman*.

Em 1986, Feynman se incorporou à Comissão Rogers, um painel governamental indicado para investigar a explosão ocorrida durante o lançamento do ônibus espacial *Challenger*. Sete tripulantes morreram. Feynman atingiu as manchetes nacionais, quando reconheceu que a causa principal da queda haviam sido os selos de borracha que tinham endurecido com o tempo frio. Num momento dramático, durante as audiências, ele deixou cair um pedaço do material num copo com água e gelo, demonstrando como, numa temperatura baixa, o material momentaneamente perdia sua resistência. Num apêndice separado, no relatório final, Feynman fez duras críticas às pressões burocráticas exercidas sobre os cientistas e engenheiros da NASA após o desastre do *Challenger*. A história contada por Feynman sobre seu trabalho na Comissão Rogers foi

detalhada no livro *Você Liga para o que os Outros Pensam?*, publicado em 1988.

Feynman, como muitos dos físicos do século XX, era ateu, do mesmo modo que seu pai o fora. Ficou contrariado, quando um rabino insistiu em rezar o *kaddish* no funeral de seu pai; tempos depois, algumas de suas observações sobre religião foram censuradas por uma emissora de televisão na Califórnia. “Não me parece que este universo, fantasticamente maravilhoso”, disse Feynman, “este tremendo conjunto de tempo e espaço e de diferentes tipos de animais, e todos os diferentes planetas, e todos estes átomos, com todos seus movimentos, e assim por diante, que todo este aparato tão complicado seja meramente um palco, de modo a permitir que Deus possa assistir aos seres humanos lutando entre o bem e o mal — que é o ponto de vista da religião. Este palco é muito grande para somente esse drama.”

Feynman casou-se três vezes. Sua primeira mulher, Arlene Greenbaum, morreu de tuberculose em 1945. Depois de uma segunda união curta, Feynman casou-se com Gweneth Howart em 1960 e tiveram dois filhos. Em 1978, Feynman teve o primeiro diagnóstico de um tipo raro de tumor cancerígeno, que foi removido por cirurgia. Outra forma de câncer, a macroglobulinemia, que afeta os linfócitos, apareceu em 1986, e os médicos descobriram um tumor abdominal logo depois. Feynman não considerava a possibilidade de que seus neoplasmas fossem, de qualquer modo, relacionados com a exposição à radiação, enquanto trabalhava na bomba atômica. Richard Feynman morreu a 15 de fevereiro de 1988.

Durante seus últimos anos, procurou visitar Tannu Tuva, um lugar que seu pai lhe havia mencionado, ainda quando criança. Durante a década de 1980, juntamente com seu amigo Ralph Leighton, Feynman escreveu uma longa e engraçada série de cartas, tentando obter permissão para visitar o local, que fica na Rússia (na época, União Soviética), perto da Mongólia. Duas semanas antes de sua morte, recebeu a permissão para viajar. Ralph Leighton fez a viagem a Tannu Tuva, para ele, no mês de julho. É por isso que se pode encontrar uma placa, dedicada a Richard Feynman, no monumento do Centro da Ásia, em Kyzyl.



Alfred Wegener & o Afastamento Continental

(1880 – 1930)

Com a evolução da geologia se transformando em ciência, uma das hipóteses não testadas era a de que os continentes sobre a Terra seriam estáveis. Os geólogos ofereciam explicações químicas de características comuns, tais como cadeias de montanhas e camadas rochosas, e uma teoria muito popular dizia serem o resultado da contração da Terra a partir de um estado inicial, quando se encontrava fundida. As pontes terrestres, como a Beríngia, que se supõe haver ligado a América do Norte à Ásia, eram consideradas como explicativas das semelhanças nos resíduos fósseis. No início do século XX, entretanto, Alfred Lothar Wegener desenvolveu a teoria

do “afastamento continental”, sugerindo que as massas terrestres teriam sido unidas no passado distante. Basicamente rejeitada, a princípio ridicularizada, e algumas vezes descrita como “um conto de fadas” ou “sonho de um grande poeta”, as novas provas que se acumularam na década de 1960 trouxeram a teoria novamente à baila. A tectônica de placas, sucessora das conjecturas de Wegener, é hoje a teoria principal por trás da gênese, da estrutura e das dinâmicas dos continentes da Terra.

Alfred Lothar Wegener nasceu em 1º de novembro de 1880, em Berlim, filho de um pastor, Richard Wegener, e de Anna Schwarz Wegener. Coursou a Universidade de Berlim, estudando matemática e ciências naturais com grande interesse na astronomia. Passou por seu exame de doutorado, *magna cum laude*, em 1904; para sua tese, recalculou as antigas Tabelas Afonsinas da astronomia ptolomaica.

A carreira de Wegener, desde o começo, misturou interesses acadêmicos com a exploração e com as aventuras. Em lugar de seguir uma carreira em astronomia, começou a trabalhar para o Observatório Aeronáutico, em Lindenberg, onde participou de pesquisas atmosféricas com seu irmão Kurt, usando balões e cataventos para medir as condições do ar. A viagem de 52 horas dos irmãos Wegener, num balão, em 1906, quebrou o recorde mundial. No mesmo ano, Wegener fez a primeira de quatro expedições à Groenlândia. Ao voltar para a Alemanha, qualificou-se em 1909 como professor da Universidade de Marburg, ensinando meteorologia e astronomia até 1919. Depois da Primeira Guerra Mundial, ensinou na Universidade de Hamburgo, chefiou o Observatório Marítimo Alemão e fez mais algumas expedições à Groenlândia. A meteorologia foi o foco de grande parte do trabalho científico de Wegener, que se tornou uma autoridade de respeito, escrevendo um livro-texto, *Termodinâmica da Atmosfera*, quando tinha somente 30 anos de idade.

Apesar de a gênese do pensamento de Wegener não ser totalmente clara, ele planejava examinar a idéia do afastamento continental, desde 1910, quando escreveu à sua noiva: “Não parece que a costa leste da América do Sul se encaixa exatamente contra a costa oeste da África, como se tivessem sido coladas numa determinada época?” A congruência geral dos continentes fora notada por Francis Bacon, no século XVII, e outros cientistas haviam questionado

a estabilidade dos continentes. Mas, como a geologia havia se desenvolvido no início do século XIX, a suposição do gradualismo se tornou um sucesso dominante. Wegener foi o primeiro a criar uma hipótese alternativa, como teoria séria, e dar suporte a ela com provas geológicas.

Em seguida ao anúncio da teoria do afastamento continental numa conferência em 1912, escreveu o livro *A Origem dos Continentes e dos Oceanos*, publicado pela primeira vez em 1915. Há cerca de 200 milhões de anos, propunha Wegener, a Terra continha somente um continente, ou protocontinente, que ele chamou de Pangéia, palavra proveniente do grego e significando “toda a terra”. Durante a última era dos répteis, o Período Cretáceo, há cerca de 100 milhões de anos, essa massa se separou. A América afastou-se da Eurásia e da África, deixando o Oceano Atlântico entre elas; e a Índia afastou-se da África, antes de juntar-se com a Ásia.

Embora tais idéias parecessem especulativas, foram baseadas em provas geológicas, bem como em remanescentes dos fósseis. Wegener apontou, não só para o encaixe do tipo quebra-cabeça, entre os continentes, mas também para as semelhanças entre os fósseis de plantas e os fósseis de animais encontrados na América do Sul e na África. As cadeias de montanhas foram plausivelmente criadas durante o movimento, o que explicaria por que, frequentemente, apareciam perto dos limites externos dos continentes. Os depósitos de carvão e de outros minerais, tanto na Europa, quanto na América do Norte, eram também sugestivos. Além disso, Wegener argumentava que as antigas hipóteses de uma “ponte de terra” entre os continentes não tinham o suporte das provas. Wegener estava ciente de que sua teoria, ao avançar, teria de ser modificada e escreveu que “o Newton da teoria do afastamento ainda não apareceu”.

O afastamento continental tornou-se uma teoria controvertida e muito debatida nos anos seguintes à Primeira Guerra Mundial. O debate continuou até 1928, quando, num encontro de geólogos, a maioria se declarou contra a teoria. E, assim, permaneceu o anterior ponto de vista como dominante até depois da Segunda Guerra. Nas salas de aula, a teoria era quase sempre objeto do ridículo, e Ursula Marvin descreve como um professor de Harvard, jocosamente, dizia

aos alunos que “as duas metades do mesmo pelecípode” haviam sido encontradas — uma na Terra Nova e a outra na Irlanda. GEORGE GAYLORD SIMPSON [78] era um dos mais famosos oponentes retóricos de Wegener.

Deve ser mencionado que Wegener nunca deixou de ter o apoio de pessoas eminentes, incluindo o de Arthur Holmes, uma autoridade britânica. O geólogo da África do Sul, Alexander du Toit, acreditava que o afastamento continental ocasionava tanta resistência, porque a geologia, historicamente, era penetrantemente conservadora. Quando se observa que, apesar de o geólogo CHARLES LYELL [28] ter sido de inspiração decisiva para seu amigo CHARLES DARWIN [4] e mesmo assim não pôde aceitar a Teoria da Evolução, tudo isso parece plausível. Além disso, uma teoria que propunha serem os continentes fragmentos de uma quebra de um todo anterior, durante a Primeira Guerra Mundial, sugere mais do que uma ironia; o momento histórico pode ter favorecido a idéia de continentes sempre separados.

A reavaliação do afastamento continental aconteceu depois da Segunda Guerra Mundial. A exploração do fundo do oceano, pelo sonar, levou à descoberta de cadeias de montanhas em meio aos mares. Gradativamente, ficou claro que grandes partes da crosta terrestre podiam se mover como unidades. Mais ou menos na mesma época, surgiu o campo do paleomagnetismo — o estudo do magnetismo em rochas, desde seu estado fundido —, e as provas sugeriam que os continentes haviam estado, de veras, presos uns aos outros. Baseada em novas explorações, a moderna teoria do “afastamento do fundo do mar”, juntamente com a descoberta das “zonas de subducção”, levaram à idéia de placas de crosta e da manta se movendo, com relação a elas próprias, na periferia da Terra. A tectônica de placas reconhece, atualmente, seis placas principais, bem como algumas menores. A teoria da estabilidade foi derrotada.

Algumas vezes descrito como um NICOLAU COPÉRNICO [10] menor, Wegener é ainda mais admirado por ter reconhecido a complexidade do problema e por sua “visão total”. Escreve Mott T. Greene: “Wegener, trabalhando em astronomia, geologia, paleontologia, meteorologia, oceanografia e geofísica, foi um dos primeiros cientistas modernos da *Terra* e percebeu não só o problema fundamental a ser

resolvido, mas também a amplitude das provas que teriam de ser colhidas para sua solução.”

Wegener não viveu para ver sua teoria em vigor. Em 1930, fez uma terceira expedição à Groenlândia para coletar dados geofísicos e climatológicos. Percebeu, já em maio, que a missão que ele havia planejado estava em perigo e, em setembro, fez outra viagem perigosa, da Estação Oeste, para trazer suprimentos para o posto avançado no “meio do gelo”. No dia 1º de novembro, seu aniversário, Wegener começou a viagem de volta, com um trenó puxado por cães, mas nem ele, nem seu companheiro, foram mais vistos com vida. Seu corpo não foi encontrado até maio do ano seguinte — fechado, pelo zíper, no saco de dormir e com uma expressão de paz no rosto. Wegener havia morrido, não por causa do frio, mas provavelmente de um ataque do coração devido à exaustão. Foi enterrado onde o encontraram, e uma cruz de ferro, de cerca de seis metros de altura, levantada para marcar sua tumba. Há muito tempo já foi coberta pela neve e pelo gelo.



Stephen Hawking & a Cosmologia Quântica

(1942 –)

Na vanguarda dos esforços para unir a cosmologia com a Teoria Quântica da Matéria Elementar encontra-se Stephen Hawking. Físico teórico por treinamento — sem nenhum interesse em astronomia de observação —, o trabalho de Hawking apenas começou, mas ele já dirigiu muitas das importantes e recentes discussões sobre a origem e a natureza do Universo. Na década de 1960, Hawking desenvolveu a prova de que o universo deve ter tido um começo e tentou descrever a Natureza das hipotéticas estrelas em colapso, conhecidas como “buracos negros”, nos confins do espaço. De maior significado, talvez, tenha sido sua ajuda para renovar o

interesse na teoria do *big bang*, na formação do universo, e recentemente a elaboração do conceito de “um limite sem limite” para sua origem. Do mesmo modo que ALBERT EINSTEIN [2], Stephen Hawking vem sendo elogiado pela mídia, e o grande público aprendeu a considerá-lo com espanto e admiração. Sua grande celebridade é devida, em parte, a uma tribulação. Desde os vinte e poucos anos, Hawking sofre de uma doença degenerativa — chamada esclerose lateral amiotrófica — que o vem deixando fisicamente incapacitado.

Stephen William Hawking nasceu a 8 de janeiro de 1942, em Oxford, na Inglaterra, filho de Frank Hawking, médico e pesquisador de biologia, especializado em doenças tropicais, e de Isobel Hawking. Os pais de Hawking vieram de famílias de classe média e ambos cursaram Oxford. Depois da Segunda Guerra Mundial, Frank Hawking foi nomeado chefe da divisão de parasitologia do National Institute of Medical Research. Desde os 13 anos, Stephen cursou a St. Alban's School, sendo um bom aluno, mas nada excepcional, classificado na média da classe e não tão disposto a trabalhar com muito afinho. Mas, ainda antes dos 20 anos, Hawking se convenceu de que queria se dedicar à matemática ou física. “Eu sabia que iria gostar de pesquisar física”, escreveu mais tarde, “porque era a ciência mais fundamental.” Em 1959, com 17 anos, recebeu uma bolsa para Oxford, onde estudou por dois anos, antes de ir para Cambridge. Apesar de preparado para se especializar em astronomia, Hawking “não estava impressionado” com o lado das observações e, como estudante, fez o mínimo nessa área.

No início de 1963, Hawking teve diagnosticada uma esclerose lateral amiotrófica (ALS), que promove uma deterioração irreversível da coluna vertebral, da medula e do córtex, resultando na atrofia do corpo. O único aspecto positivo da doença é que não é dolorosa e não afeta a inteligência. De início, Hawking ficou arrasado com o diagnóstico mas, uma vez que a deterioração física tinha se estabilizado e não mais parecia que uma morte prematura seria iminente, venceu a depressão. Tomou a decisão de continuar os estudos, apesar de logo ter de ficar preso em uma cadeira de rodas e de perder o controle da fala. Em 1966, depois de receber o doutorado com a tese sobre *As Propriedades do Universo em Expan-*

são, permaneceu no corpo docente do Gonville and Caius College como membro do Departamento de Matemática Aplicada e do Instituto de Astronomia Teórica.

Desde o começo de sua carreira, Hawking se interessou pelos problemas básicos da cosmologia. Em meados da década de 1960, foi influenciado por Roger Penrose, o famoso matemático e físico teórico, que examinava o conceito das “singularidades”. A singularidade, prevista pela Teoria Geral da Relatividade de Einstein, evoca a noção de um universo em expansão, mas originalmente concentrado num único ponto — onde, de fato, as leis da física não se aplicam. Apesar de Einstein ter sabido que as singularidades eram conseqüências da relatividade, partiu do princípio de que eram entidades puramente teóricas. Entretanto, ao colaborar com Penrose no desenvolvimento de métodos para modelar as singularidades, Hawking fez sua primeira descoberta teórica importante, mostrando as implicações das singularidades no conceito do tempo. “A grande pergunta era: houve um começo ou não?” Hawking escreveu mais tarde: “Roger Penrose e eu descobrimos que, se a relatividade geral está correta, há de ter existido um começo.” Os argumentos iniciais de Hawking, nesse sentido, apareceram em sua tese de doutorado e foram, mais tarde, aperfeiçoados por Penrose. O teorema da singularidade, feito por Hawking e Penrose, foi publicado em 1970.

De modo geral, as explorações teóricas sobre o universo geraram interesse considerável dentro da astronomia observacional, que, trabalhando com instrumentos cada vez mais poderosos, acumulava uma grande quantidade de dados inexplicáveis. Assim, se as singularidades existiam, um local lógico para encontrá-las seria no vórtice das estrelas queimadas e em colapso — os “buracos negros”, termo sugerido por John Wheeler em 1967. Os buracos negros podem ajudar a explicar os *quasars* de ponto, que foram descobertos em 1961, e a percepção das *pulsars*, muitos anos mais tarde. (As *pulsars* eram tão incríveis que, a princípio, tiveram as iniciais LGM — referentes a “Pequenos Homens Verdes”). Em 1970, os telescópios, baseados em satélites, detectaram fontes de raio X no firmamento, com centros de atração/gravitação fora do normal, tais como a *Cignus X-1*. Apesar de não poder ser provado, sem dúvida, que

era um buraco negro, a evidência de atividade fora do normal em volta dele era intrigante.

O trabalho de Hawking sobre os buracos negros se intensificou em meados da década de 1970. O reconhecimento de que a superfície de um buraco negro não pode nunca diminuir levou-o a propor um relacionamento com a entropia, que descreve a desordem do sistema, um conceito tirado da termodinâmica. Apesar de Hawking inicialmente pretender que isso fosse somente uma analogia, a idéia foi desenvolvida mais à frente por Jacob Bekenstein, que sugeriu ser o relacionamento real e mensurável. Hawking, a princípio, discordou, mas depois mudou de idéia; em 1974 descreveu os buracos negros como tendo temperatura e emitindo radiação. Essa idéia, que enunciou matematicamente, veio a ser conhecida (para o desapontamento de Bekenstein) como a radiação de Hawking, uma descoberta, escreveu John Gribbin, que “foi considerada como uma das grandes realizações, não só da carreira de Hawking, mas dos últimos 50 anos da física”. Inicialmente tão surpreendente, foi depois rejeitada; o uso dos relacionamentos da teoria quântica e da termodinâmica, por parte de Hawking, para caracterizar os poços gravitacionais, tais como os buracos negros, era, apesar disso, intrigante e até certo ponto convincente. “Com todos esses desenvolvimentos teóricos fascinantes”, escreve Heinz Pagels, “os buracos negros saíram da categoria de ‘curiosidades matemáticas’ para o centro da astronomia especulativa.”

Em 1979, Hawking foi nomeado Professor Luculiano de Matemática, na Universidade de Cambridge. Em sua aula inaugural, intitulada “O fim está perto para a física teórica?”, sugeriu que uma teoria unificada poderia ser alcançada antes do final do século e pensava que a vida da física teórica poderia estar limitada pelos avanços exponenciais da tecnologia dos computadores. Apesar de essas previsões provavelmente não se realizarem, foi nesse ponto de sua carreira que Hawking passou a ser chamado de “o novo Einstein”, recebendo respeitável admiração e fama. Ganhou vários prêmios, teve seu perfil feito pela BBC e escreveu *Uma Breve História do Tempo*, que se tornou um livro *best-seller*, transformado logo após num documentário, estrelado pelo próprio Hawking.

Em meados da década de 1980, Hawking interessou-se em

aplicar a Teoria Quântica às condições iniciais do universo, antes do *big bang*. Em conjunto com James Hartle, escreveu um artigo importante, *A Função de Onda do Universo*, que deu ímpeto ao que veio a ser conhecido como cosmologia quântica. Com a utilização dos conceitos da mecânica quântica, Hawking e Hartle desenvolveram uma “proposta de limite sem limite” para descrever a condição inicial do universo.³⁰ As leis quânticas, aplicadas à matéria elementar e que talvez se apliquem ao universo como um todo, podem também ser imaginadas operando-se no início do universo. Este estado quântico puro ainda tem de ser concluído, mas a teoria probabilística de Hawking, de não haver limite, é atualmente uma de muitas que vêm sendo estudadas na física e na cosmologia teóricas contemporâneas.

Stephen Hawking casou-se com Jane Wilde, vários anos depois do início do ALS, e tiveram três filhos. Apesar de durante anos Jane ter sido retratada pela imprensa como sua eterna companheira, os dois se separaram e, em 1985, Hawking passou a viver com Elaine Mason, uma de suas enfermeiras. Uma das causas principais da separação teria sido a religião. Ele tornou-se cada vez mais ateu com o passar dos anos, enquanto sua mulher mantinha fortes crenças religiosas. No livro *Uma Breve História do Tempo*, Hawking tentou compreender “a mente de Deus”. “E isso torna mais inesperada a conclusão a que chegou até agora...”, escreve Carl Sagan, pois Hawking descobriu “um universo que não tem limite no espaço, nem começo, nem fim no tempo, e nada para um Criador fazer.”

³⁰ Com essa teoria, Hawking afastou sua idéia anterior de “singularidade”, substituindo-a pela idéia de que a contração do universo seria simétrica com sua expansão. Reconheceu ter sido isto seu grande equívoco.



Anton van Leeuwenhoek & o Microscópio Simples

(1632 – 1723)

Normalmente, Leeuwenhoek é tido como um dos grandes facilitadores técnicos da ciência. Apesar de não ter inventado o microscópio, foi o primeiro a usá-lo, com grandes habilidades de observação e de descrição. Com um passado sem distinção e com pouca instrução — suas comunicações com a Real Sociedade Britânica tinham que ser traduzidas do holandês vernacular —, suas realizações, em retrospecto, são ao mesmo tempo únicas e variadas. Considerado o fundador da microbiologia, também contribuiu para o incremento de outras ciências, como a embriologia, a cristalografia e a química; algumas de suas observações foram

tão precisas que puderam ser interpretadas novamente, dois séculos mais tarde. “Seria difícil encontrar qualquer um que desafiasse seriamente Leeuwenhoek”, escreve Brian J. Ford, “em termos da variedade e da profundidade de seus interesses.” Com um microscópio simples conseguiu resultados espetaculares, e a complexidade do mundo natural, vista por seus olhos, tomou novas dimensões.

Anton van Leeuwenhoek nasceu em Delft, na Holanda Unida, em 24 de outubro de 1632, filho de Philips Antonyszoon van Leeuwenhoek e de Margaretha Bel van den Berch. Seu pai fazia cestos e morreu quando Leeuwenhoek tinha cerca de seis anos; sua mãe, depois, casou-se com um pintor, Jacob Molijn. Com uma educação básica, Leeuwenhoek, aos 16 anos, começou a ser aprendiz de um negociante de linho e, mais tarde, estabeleceu-se nesse ramo de negócio, em sua cidade natal. Além de suas atividades comerciais, quando estava com vinte e alguns anos, recebeu uma sinecura, como ajudante do delegado de Delft; anos mais tarde tornou-se inspetor da cidade, para pesos e medidas. E, por conhecer o grande pintor Jan Vermeer, foi nomeado inventariante de seus bens. Leeuwenhoek não era muito culto, e sua carreira científica começou quando tinha 40 anos e se estendeu por 50 anos.

O microscópio foi provavelmente inventado um pouco antes do telescópio, talvez em 1590. Diferente do telescópio, não resultou imediatamente em informações importantes. Mas, em 1660, MARCELLO MALPIGHI [39] descobriu vasos capilares nos pulmões de um sapo, consolidando as realizações de WILLIAM HARVEY [38] sobre a descoberta da circulação do sangue. E, em 1665, Robert Hooke publicou *Micrographia*. Ao usar um microscópio composto, projetado por ele próprio, Hooke forneceu apresentações detalhadas das estruturas dos insetos e das plantas e, ao notar os pequenos compartimentos na lâmina de cortiça, batizou-as com a palavra *célula*. Estas descobertas explicam a boa recepção dada a Leeuwenhoek, cuja fama se baseava na qualidade e na extensão de suas observações, em sua excelência técnica e em seu sentimento intuitivo do método científico.

Em 1673, Leeuwenhoek enviou a primeira de muitas cartas para a Real Sociedade, na Inglaterra, oferecendo descrições de um mofo, do ferrão de uma abelha e de um piolho. A carta, logo publicada no *Philosophical Transactions*, foi seguida de muitas outras mais — ao todo 165 — durante o meio século seguinte. Ao escrever em sua língua nativa, Leeuwenhoek possuía um estilo direto e completo. Escreveu sobre uma grande variedade de espécimes. Em 1676, descreveu os protozoários encontrados na água da chuva, apresentando os “pequenos animálculos” como “as criaturas mais infelizes que jamais vi; pois, quando...eles se chocam com qualquer partícula ou com os pequenos filamentos (que existem em grande quantidade na água, especialmente se ficou parada durante alguns dias), ficam presos, enroscados nelas; então, puxam seus corpos para a forma oval e lutam, alongando-se fortemente, para poder soltar as caudas, provocando seus corpos inteiros a saltarem como uma mola em direção das caudas e, estas, enroladas como serpentes — do mesmo modo que um fio de cobre ou de ferro que, tendo sido bem enrolado em torno de uma madeira, é depois retirado —, mantêm todas as curvas”.

Os “animálculos” de Leeuwenhoek — seu termo genérico para os organismos vivos vistos através do microscópio — foram também encontrados nos dentes de seu vizinho, bem como em suas próprias fezes que ele examinou cuidadosamente quando estavam “menos consistentes do que o normal”.

Em 1683, Leeuwenhoek fez os primeiros desenhos de bactérias, mas não tinha idéia de sua função. Na verdade, muitas das descobertas de Leeuwenhoek tiveram de esperar avanços maiores a fim de que pudessem ser entendidas. Ele observou os glóbulos de fermento, mas não conseguia explicar a fermentação, e os estudos comparativos do esperma o levaram à teoria do “animálculo” na reprodução, que não contribuiu muito, entretanto, para a embriologia. De modo geral, a falta de vontade de Leeuwenhoek de seguir além das provas foi uma de suas atitudes mais importantes; as observações tinham valor por si próprias e não estavam carregadas com teorias elaboradas. Historicamente, não é plausível supor que ele tivesse sugerido a origem bacteriana

das doenças ou que o óvulo fazia mais do que nutrir o feto.³¹ Mas conseguiu mostrar que o caruncho não se originava nos cereais e sim por meio de ovos, postos por insetos voadores. E era contra a velha idéia da geração espontânea, através da putrefação — um ponto de vista que seria finalmente provado correto, dois séculos mais tarde.

Leeuwenhoek não usou um microscópio composto, com um sistema de lentes, mas um microscópio simples, com uma única lente, que ele próprio poliu. Seu aparelho mais elementar era uma chapa de latão plana, na qual a lente era colocada juntamente com um parafuso de ponta para segurar e focalizar os espécimes. Os resultados extraordinários dos estudos de Leeuwenhoek foram efetivamente reproduzidos no século XX por Brian J. Ford em seu fascinante livro, *A Lente Única: A História do Microscópio Simples*. Ao examinar os espécimes originais de Leeuwenhoek, muitos dos quais foram cuidadosamente preservados, Ford descobriu que não só o instrumento, como também o cientista eram extraordinários.

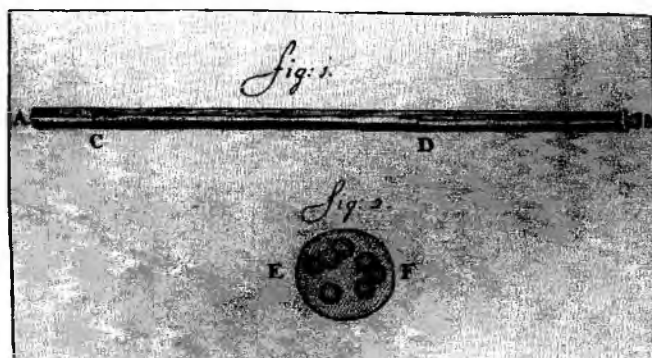
Se Leeuwenhoek tinha alguma falha científica, era o segredo com o qual guardava seus métodos dos outros. Com o aumento da fama, os sábios e a nobreza vinham vê-lo, mas ele ficava impaciente e suspeitando de que poderiam roubar seus instrumentos. Entretanto, Leeuwenhoek foi amistoso, quando foi visitado pelo czar Pedro, o Grande, da Rússia, e, em 1698, mostrou a este a circulação da cauda de uma enguia. Isso “agradou tanto ao príncipe”, escreveu o amigo e biógrafo inicial de Leeuwenhoek, Gerard von Loon, “que nessas e em outras contemplações gastou não menos do que duas horas e, ao sair, apertou a mão de

³¹ Em claro exemplo do que os historiadores de ciência ridicularizam como uma atitude típica dos “Whiggish” com relação à história (“Por que eles não poderiam ter sabido antes o que sabemos agora?”), Paul de Kruif, em seu famoso livro *Caçadores de micróbios*, sugeriu que Leeuwenhoek “tinha muito pouca imaginação para prever o papel de assassinos de suas criaturas infelizes...” Não se pode argumentar com as tolices, mas, ainda assim, qual é a melhor resposta? Uma possibilidade é mostrar que, de certa forma, estamos infectados por toda nossa vida — que Leeuwenhoek não tinha razões para suspeitar que os micróbios, tais como os encontrados nos dentes de seu vizinho, poderiam causar doenças, porque seu vizinho era saudável. Mas, talvez, uma melhor resposta é que a teoria dos germes necessitava de uma química, que não foi formulada com coerência, senão depois de passado um século e meio.

Leeuwenhoek e lhe assegurou sua gratidão especial por lhe ter permitido ver objetos tão extremamente pequenos”.

Em 1680, Leeuwenhoek foi eleito, por unanimidade, para a Real Sociedade da Inglaterra, o que lhe deu muito prazer; também se tornou membro da Academia Francesa de Ciências.

Foi casado e enviuvou duas vezes, vivendo até os 90 anos. Morreu em 26 de agosto de 1723.





Max von Laue & a Cristalografia pelo Raio X

(1879 – 1960)

Conta-se a história de que Max von Laue foi se encontrar com seu colega Arnold Sommerfeld um dia, em 1912, e o encontrou discutindo com P. P. Ewald sobre a natureza de algumas experiências que este estava realizando com moléculas. Laue ficou surpreso ao saber que a estrutura dos cristais — devido ao seu arranjo atômico — era como uma grade ou tela tridimensional. Com essa informação, ele concluiu uma experiência marcante e inventou a teoria da difração pelos raios X. Logo recebeu o Prêmio Nobel.

A difração pelos raios X iluminava a estrutura atômica das moléculas como nenhum outro método e tornou-se uma ferramenta

importantíssima da física do século XX. É a base da ciência da cristalografia pelos raios X, que rivaliza com o microscópio e com a espectroscopia para conseguir as pistas de todos os tipos de matéria. Além disso, a descoberta também deu a prova de que os raios X pertencem ao espectro eletromagnético. Para ALBERT EINSTEIN [2], a descoberta de Laue foi “uma das mais lindas da física”. E não deve haver surpresa quando, neste livro, Laue tem lugar perto de ANTON VAN LEEUWENHOEK [55] e de GUSTAV KIRCHHOFF [57].

Max Theodor Felix von Laue nasceu em 9 de outubro de 1879, em Pfaffendorf, perto da cidade de Coblença, na Alemanha, filho de Julius Laue, um funcionário do exército, e de Minna Zerrenner. (A família foi incorporada à nobreza hereditária, em 1913; portanto, o sobrenome passou a ser Von Laue.) Durante a infância, mudaram-se muitas vezes, devido à natureza do trabalho de seu pai. Contam que Max foi uma criança ativa e séria e que teve interesse, desde cedo, pela física e, freqüentemente, visitava exposições na Urânia, uma sociedade científica de Berlim. A maior parte de sua educação secundária deu-se no Ginásio Protestante de Estrasburgo, onde se formou em 1898. Depois cursou a Universidade de Estrasburgo, durante um ano, estudando física, química e matemática. Então, foi para as Universidades de Göttingen, de Munique e de Berlim, onde seu conselheiro foi MAX PLANCK [25], recebendo o Ph.D., *magna cum laude*, em 1903. Sua tese de doutorado versou sobre ótica e tinha a ver com a interação das ondas de luz.

Em 1905, Laue voltou para o Instituto de Física Teórica em Berlim, tornando-se assistente de Max Planck. Laue foi um dos primeiros físicos jovens a perceber o grande significado do artigo de 1905, preparado por Albert Einstein, sobre a relatividade especial, e começou a aplicá-la à ótica. Na verdade, deu uma importante prova experimental inicial da relatividade, baseada na ótica, em 1907. Seu trabalho fortaleceu a aceitação da teoria e, em 1911, Laue publicou um livro completo sobre o estudo, então ainda controverso, intitulado *Das Relativitätsprinzip*. Enquanto isso, em 1909 começou a ensinar ótica e termodinâmica na Universidade de Munique, na qual passou a ser amigo de Arnold Sommerfeld.

Em seguida à descoberta dos raios X em 1895, muita especula-

ção e experimentação foram feitas no sentido de esclarecer sua natureza. As experiências de Charles Barkla sugeriam, fortemente, pertencer ao espectro eletromagnético, mas com ondas de comprimento muito menores do que as da luz; isso, entretanto, não podia ser provado. Em 1912, Sommerfeld sugeriu um valor numérico para esse comprimento de onda, o que levou Laue a levantar a hipótese de que, se as ondas de raios X eram de fato mais curtas do que as da luz visível, poderiam ser reveladas por alguma forma de grade de difração. E foi aí, por casualidade, que ele teve a idéia de terem os cristais exatamente esse tipo de estrutura em grade.

Laue imediatamente instou seus colegas a fazerem uma experiência; em geral uma emissão de raios X era dirigida através de orifícios de alfinete, num cristal de sulfeto de zinco. Atrás do cristal estava uma chapa fotográfica. O resultado foi um padrão lindamente simétrico. Mais tarde, naquela noite — era o dia 21 de abril de 1912 —, enquanto caminhava para casa, Laue percebeu as vastas possibilidades para os cálculos usados para medir as grades óticas. Em princípio, padrões bem individuais e semelhantes poderiam ser produzidos para toda a multidão de moléculas químicas da Natureza. A difração pelos raios X revelava não só a estrutura básica dos átomos, mas também fornecia os meios de medir o comprimento de onda dos raios X.

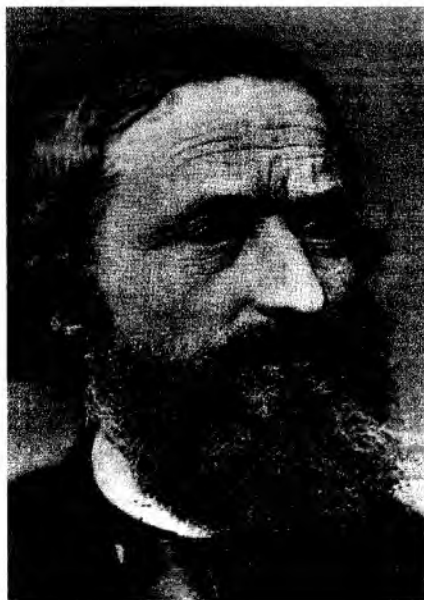
A importância do trabalho de Laue foi reconhecida quase que imediatamente — na verdade, ele causou uma sensação —, rapidamente adotada e muito aumentada por outros. William Lawrence Bragg e seu pai, William Henry Bragg, logo fundaram a cristalografia pelos raios X, usada para determinar as estruturas dos cristais e das moléculas. Além disso, Maurice de Broglie desenvolveu a espectroscopia pelos raios X que Henry Moseley imediatamente empregou para revisar a tabela periódica dos elementos. Laue ganhou o Prêmio Nobel em 1914; os Bragg, no ano seguinte. Moseley foi morto na Primeira Guerra Mundial, na sangrenta batalha de Gallipoli.

Em 1919, depois de ensinar durante vários anos em Zurique e em Würzburg, Laue voltou para trabalhar com o velho Max Planck, na Universidade de Berlim. Apesar de as últimas pesquisas de Laue sobre supercondutividade terem sido produtivas, ele permaneceu,

de várias formas, o físico clássico e, assim, não participou muito do desenvolvimento da teoria quântica.

Laue é o personagem mais admirável da triste história da ciência alemã durante o período do regime nazista. Juntamente com apenas dois de seus colegas da Academia Prussiana de Ciências, protestou fortemente quando Albert Einstein pediu demissão, sob pressão, do Instituto Kaiser Wilhelm em 1933. Laue ridicularizou as idéias nazistas de que a Teoria da Relatividade era “um truque mundial dos judeus” e comparou essa retórica com a sanção da Igreja contra GALILEO GALILEI [7] no século XVII. Atacou a posição anti-semita de Johannes Stark, outro laureado com o Prêmio Nobel, e tentou, com pouco sucesso, salvar a física alemã de uma fuga desastrosa de cérebros. Era abertamente antinazista, mas ficou na Alemanha e se aposentou como professor durante a II Guerra. O fato de não ter participado do projeto de urânio de Adolf Hitler não o impediu, da mesma forma que o mais moço e mais flexível WERNER HEISENBERG [15], de ser internado na Inglaterra pelos aliados, ao término da guerra.

Na última fase da carreira, Laue ajudou a recriar a ciência alemã e foi nomeado diretor do Instituto de Físico-Química Fritz Haber, em 1950, posição que manteve até 1959. Laue casou-se com Magdalene Degen, em 1910, e o casal teve dois filhos. Laue estava sempre em busca de sensações, gostava de escalar montanhas e de velejar e, como JOHN VON NEUMANN [51], gostava de dirigir em alta velocidade. No dia 8 de abril de 1960, Laue acidentou-se numa colisão com uma motocicleta. Ao morrer, duas semanas mais tarde, em 23 de abril de 1960, foi muito pranteado pelos cientistas, tanto na Alemanha quanto no exterior.



Gustav Kirchhoff & a Espectroscopia

(1824 – 1887)

Apesar de ser freqüentemente esquecido nos livros de história, Gustav Kirchhoff deu contribuições que são parte da raiz da física do século XX. Em 1859, Kirchhoff emitiu o princípio geral de que cada elemento químico emite um espectro luminoso característico. Juntamente com Robert Bunsen, estabeleceu a espectroscopia como ferramenta analítica poderosa³² que dava meios para caracterizar todos os elementos da Natureza. Kirchhoff imediatamente reconheceu uma implicação ainda mais ampla: uma nova base para poder

³² Em sua forma mais simples, um espectroscópio é composto de uma fonte de luz de um tubo que a leva a um prisma e de um pequeno telescópio.

discernir a química do firmamento. Kirchhoff logo apresentou à física o problema vexatório, mas crucial, da “radiação do corpo negro” que, finalmente, levou ao desenvolvimento da Teoria Quântica — 40 anos mais tarde. Professor de muita influência, Kirchhoff se “esforçava para dar clareza e rigor nas frases quantitativas da experiência”, escreve Léon Rosenfeld, “usando um sistema direto e sem desvios, e idéias simples”.

Gustav Robert Kirchhoff nasceu em 12 de março de 1824, em Königsberg, que então ficava na Prússia e hoje pertence à Rússia, com o nome de Kaliningrado. Filho de um advogado e funcionário do Estado, cedo Kirchhoff mostrou interesse pela matemática. Na Universidade de Königsberg, estudou com o professor Franz Neumann, um mineralogista que se havia interessado pela nova física matemática e pela teoria do eletromagnetismo. Ao se formar, em 1847, recebeu uma bolsa para estudar em Paris, mas aconteceu a Revolução de 1848. Então, mudou-se primeiro para Berlim, onde começou a ensinar; em 1850, tornou-se professor adjunto da Universidade de Breslau. Durante esse período, conheceu e iniciou uma estreita amizade com Robert Bunsen, o químico inorgânico e físico, que popularizou o uso do “queimador Bunsen”. Bunsen, 13 anos mais velho, serviu de instrumento para trazer Kirchhoff à Universidade de Heidelberg, em 1854, e os dois começaram um profícuo período de colaboração.

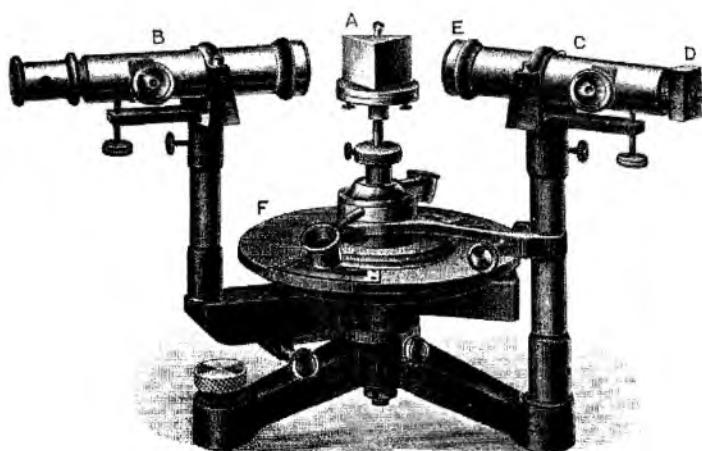
A contribuição inicial de Kirchhoff no campo da eletricidade teve importância tanto prática, quanto teórica, e inclui uma falha crucial. Enquanto ainda estudante, em 1845, Kirchhoff formulou duas leis que levam seu nome e que ainda são usadas em aplicações eletrônicas. Com a descoberta da origem de um engano na Lei de Ohm, que formula a relação entre a resistência e o fluxo de corrente, as leis de Kirchhoff dão a fórmula correta para medir os potenciais e as correntes em qualquer ponto de uma rede de condutores elétricos. Em 1857 apresentou outra contribuição significativa para o eletromagnetismo, quando ofereceu uma teoria geral de como a eletricidade é conduzida. Baseou seus cálculos em resultados experimentais que determinam uma constante para a velocidade de propagação da corrente elétrica. Kirchhoff notou que essa constante é aproximadamente equivalente à velocidade medida da luz — mas

a grande implicação desse fato não foi percebida por ele, que tomou isso como se fosse uma coincidência. Ficou para JAMES CLERK MAXWELL [12] propor que a luz pertence ao espectro eletromagnético.

O trabalho mais significativo de Kirchhoff, do período de 1859 a 1862, envolve o nascimento da espectroscopia como instrumento de análise. Conta-se a história de que Kirchhoff visitou Bunsen em seu laboratório, onde este estava analisando vários sais que dão cores específicas à chama, quando queimados. Bunsen estava usando óculos coloridos para ver a chama, e Kirchhoff sugeriu que uma melhor análise poderia ser obtida passando-se a luz da chama por um prisma. E foi o que fizeram. O valor da espectroscopia ficou imediatamente evidente. A espectroscopia, que teve suas origens na demonstração de Isaac Newton sobre a natureza composta da luz, tinha subitamente um novo e vasto campo de aplicação. Cada elemento apresentava um espectro definido, que podia ser visto, anotado e medido.

“Os resultados”, escreveu Abraham Pais, “foram da maior importância.” Cada elemento e composto possuíam um espectro tão distinto quanto uma impressão digital. A análise espectral promete, escreveram Kirchhoff e Bunsen logo depois, “a exploração química de um domínio que era, até agora, completamente desconhecido”. Não só analisaram os elementos conhecidos, mas descobriram novos elementos. Ao analisarem os sais provenientes de água mineral evaporada, Kirchhoff e Bunsen detectaram uma linha espectral azul; pertencia a um elemento que batizaram de *caesium*. Nos estudos da lepidolita, em 1862, Bunsen encontrou um metal alcalino que chamou de *rubidium*, um elemento usado atualmente em relógios atômicos. Usando a espectroscopia, foram descobertos cerca de 10 novos elementos, antes do final do século, e o campo se expandiu enormemente. Entre 1900 e 1912, H. G. J. Kayser publicou o *Handbuch der Spectroscopie*, em seis volumes, contendo cinco mil páginas.

Um dos resultados de suas análises espectrais foi de particular significado. Kirchhoff notou que certas linhas escuras no espectro da luz solar — chamadas de linhas de Fraunhofer — coincidiam com as linhas amarelas do espectro do sódio quando este se queimava.



O espectroscópio: ferramenta-chave para a análise química.

Em se olhando o espectro solar com a luz de uma chama de sódio, essas linhas escuras ficaram mais escuras ainda. Kirchhoff, reconhecendo que estava perto de uma descoberta fundamental, tirou a conclusão correta: o escurecimento das linhas espectrais indicava sua absorção, porque a atmosfera do Sol contém sódio. Os espectros dos outros elementos químicos no Sol mostrariam também essas linhas escuras características.

Pela comparação dos espectros, Kirchhoff e Bunsen ficaram cientes, imediatamente, do significado de sua técnica no estudo da composição do Sol e na química do firmamento. “É plausível”, escreveu Kirchhoff, “que a espectroscopia é também aplicável à atmosfera solar e às estrelas fixas mais brilhantes.” Era, de fato, verdade, e a idéia foi, mais tarde, estendida ao universo como um todo. Em 1861, Kirchhoff e Bunsen compararam ainda mais as linhas espectrais dos elementos com as do Sol, o que levou à descoberta do hélio. No século 20, a aplicação da espectroscopia facilitou basicamente tanto o desenvolvimento da teoria atômica, quanto da astrofísica.

Como consequência de seu trabalho com as linhas de Fraunhofer, Kirchhoff desenvolveu a teoria geral de emissão e de radiação, em termos de termodinâmica, conhecida como Lei de Kirchhoff. Possui uma forma quantitativa, mas colocada em termos simples

estabelece que a capacidade de uma substância de emitir luz é equivalente a sua habilidade de absorvê-la na mesma temperatura.

Um dos resultados da lei da radiação de Kirchhoff foi o “problema do corpo negro”, que incomodaria os físicos por 40 anos. Esse dilema, peculiar mas fundamental, surgiu, porque o aquecimento de um corpo negro — uma barra de ferro, por exemplo — causa a emissão de calor e de luz. A radiação pode ser, a princípio, invisível ou infravermelha; em seguida, torna-se visível e vermelha incandescente. Eventualmente, fica branca incandescente, o que indica que está emitindo todas as cores do espectro. A radiação espectral, que depende somente da temperatura à qual o corpo está sendo aquecido e não do material do qual é composto, não pode ser predita pela física clássica. Kirchhoff reconheceu que “encontrar essa função universal é uma tarefa muito importante”. Em face da sua importância geral, para poder entender a energia, o problema do corpo negro foi, eventualmente, resolvido. Em 1900, MAX PLANCK [25] descobriu o *quantum*, com enormes implicações para a ciência do século XX.

Numa hagiografia feita por Robert von Helmholtz, publicada em 1890, Kirchhoff é chamado de “o exemplo perfeito do verdadeiro investigador alemão. Para pesquisar a verdade, em sua forma mais pura, e dar voz, com auto-esquecimento quase que abstrato, é a religião e o propósito dessa vida”. Na verdade, apesar de suas maiores realizações não terem sido esquecidas e de ele aparecer nas histórias-padrão sobre a física, em inglês, raramente seu perfil é descrito. Isso pode ser devido a ele não ter sido um atomista devoto e sua influência direta se acabar com a física clássica. Mas o espectroscópio, como dizem Lloyd Motz e Jefferson Weaver, “apesar de sua simplicidade, é, provavelmente, o instrumento científico isolado mais importante jamais inventado. Desde sua criação, foi a causa de grande parte das maiores descobertas científicas, desde o campo nuclear ao cosmológico, na física e na astronomia, e incorporando todos os ramos da geologia, da química e da medicina, muito mais do que qualquer outro instrumento ou qualquer combinação de instrumentos”. E ainda falta dizer que Kirchhoff, juntamente com Bunsen, foi o primeiro a generalizar o conceito, do qual provém seu poder.

Professor muito estimado, mas não necessariamente um bom conferencista, Kirchhoff teve um problema relacionado a um acidente que o forçava a usar muletas ou cadeira de rodas. Isso, aparentemente, não tirou seu bom humor, nem sua verve, e ele continuou a executar trabalhos experimentais até 1875, quando reduziu a carga para se tornar professor de física teórica na Universidade de Berlim. Lá ficou até 1886, aposentando-se um pouco antes de sua morte, em 17 de outubro de 1887.



Hans Bethe & a Energia do Sol

(1906 –)

Na reação nuclear, conhecida como fusão, a colisão e a junção de dois núcleos atômicos resultam numa liberação de energia. A descoberta de como a fusão pode acontecer nos corpos estelares, tais como o Sol, e liberar constantemente enormes quantidades de luz e de energia é uma das principais realizações de Hans Bethe. Historicamente, este trabalho constituiu, conforme SHELDON GLASHOW [48], o ponto da física moderna, no qual “o ‘macroverso’ e o ‘microverso’ começam a convergir”.

Um dos cientistas mais admirados do século XX, Bethe veio a ser emigrante nos Estados Unidos, durante a década de 1930,

quando fugiu da Alemanha nazista. Durante a Segunda Guerra Mundial teve um papel preponderante na construção da bomba atômica e, subsequente, do mesmo modo que outros físicos, tornou-se ativo na oposição de seu uso mais generalizado. Em 1991, depois do colapso da União Soviética, Bethe foi um dos muitos personagens influentes que pregaram uma forte redução bilateral no número de ogivas nucleares.

Hans Bethe (seu nome se pronuncia do mesmo modo que a letra grega *beta*, em inglês) nasceu em Estrasburgo, na Alemanha, em 2 de julho de 1906, filho de Albrecht Theodore Julius Bethe e de Anna Kuhn, que vinha de uma família judaica. Seu pai era treinado em fisiologia e trabalhava como *privatdozent* na Universidade de Estrasburgo. Durante grande parte da juventude, Bethe teve poucos amigos de sua idade. Ele contou: “Minha vida foi passada quase toda com adultos — com meus pais e parentes próximos... Meu pai me falava sobre assuntos científicos.” Avançado em matemática, foi autodidata em cálculo, já aos 14 anos. Durante o período posterior à Primeira Guerra Mundial, as atitudes de Bethe tornaram-se ligeiramente esquerdistas, parte sob a influência de seu pai, politicamente um liberal e ativista.

Começou a cursar a Universidade de Frankfurt, em 1924, e logo se mudou para a Universidade de Munique, onde veio a ficar sob a influência de Arnold Sommerfeld, um proeminente professor de física teórica. Bethe recebeu o Ph.D. em 1928 e ensinou nas universidades de Frankfurt e de Stuttgart. Sua tese e seus primeiros artigos emergiram do solo fértil da mecânica quântica inicial. Em 1930, Bethe ficou algum tempo na Inglaterra e na Itália, onde trabalhou com ENRICO FERMI [34], e também em Copenhague, no instituto de NIELS BOHR [3]. Um de seus primeiros artigos mostrava uma maneira elegante e útil de calcular como as partículas carregadas são desaceleradas quando passam pela matéria.

Como muitos outros cientistas de origem judaica, Bethe viu-se forçado a deixar a Alemanha com a ascensão dos nazistas ao poder. Em 1931, voltou para ensinar na Universidade de Tübingen. Porém, por volta de 1932, os jovens fascistas vinham para suas aulas usando a braçadeira com a suástica e, no ano seguinte, quando Hitler se tornou chanceler, Bethe perdeu a sua posição na universidade.

Migrou para a Inglaterra e trabalhou nas universidades de Manchester e de Bristol. Em 1935, chegou aos Estados Unidos e tornou-se professor assistente de física teórica, na Universidade de Cornell; dois anos depois, passou a catedrático.

Após reconhecer as deficiências da comunidade da física americana para absorver a física nuclear, Bethe escreveu uma série de três artigos resumidos para a *Review of Modern Physics*, em 1936 e em 1937. Era uma apresentação completa de, virtualmente, todo o conhecimento da física nuclear até aquela época. Bastante divulgada, “a Bíblia de Bethe”, como os artigos foram chamados, rapidamente trouxe-lhe fama no ambiente da física nos Estados Unidos.

A realização mais significativa de Bethe na física teórica foi a teoria da energia estelar. Em 1938, assistiu a uma conferência de astrofísica, em Washington D.C., organizada por George Gamow e EDWARD TELLER [88]. O tema, a produção de energia pelas estrelas, era assunto recém-introduzido, naquela época, no âmbito da física das partículas. A real fonte de energia de uma estrela como o Sol não era conhecida; nem a gravidade, nem as reações químicas comuns podiam explicar a tremenda emissão de calor. Para simplificar um assunto complexo: como pode o Sol continuar a brilhar e a irradiar luz e calor sem logo se extinguir? Na medida em que mais se conheceu sobre a colisão entre as partículas atômicas, tornou-se aceitável supor que a fusão dos átomos tinha um papel determinante. Isso havia sido sugerido por ARTHUR EDDINGTON [37], já em 1930, e parecia ser plausível, apesar de ele não conseguir dizer quais as partículas subatômicas que estariam envolvidas.

A descoberta de Bethe, em 1938, surgida logo depois da conferência de Washington, mostrava que a energia de uma estrela estava continuamente sendo criada através de uma reação termonuclear cíclica. Era sabido que o Sol continha, em sua maior parte, hidrogênio e hélio, os mais leves dos elementos, bem como pequenas quantidades de elementos mais pesados. Bethe procurou um elemento que poderia servir de catalisador na fusão estelar. “Corri sistematicamente a tabela periódica dos elementos”, ele contou, anos mais tarde, “mas tudo era bobagem, porque, seja qual fosse o átomo que eu usasse — lítio, berílio etc. —, ele seria destruído na reação; além disso, de qualquer modo, havia muito pouca quanti-

dade dessas substâncias, como sabemos, por sua raridade, tanto na Terra quanto nas estrelas. Assim, esses elementos não poderiam, de maneira alguma, produzir energia durante todo o tempo desde que o Universo foi criado. Finalmente, cheguei ao carbono, e... no caso do carbono, a reação funciona maravilhosamente. Depois de seis reações, há uma volta, no final, ao próprio carbono.”

Nas seis semanas seguintes à conferência em Washington, Bethe trabalhou nos cálculos. Com os prótons de hidrogênio se chocando com o núcleo de carbono, ele descobriu a criação de um isótopo instável de nitrogênio, que é logo transformado numa forma de carbono e, depois, em nitrogênio estável, com a emissão de raios gama, sob a forma de energia. Quando o nitrogênio é novamente bombardeado por prótons, cria-se um isótopo do oxigênio, que se transforma em outro isótopo estável de nitrogênio. Quando esse núcleo se parte, resulta em dois núcleos — um de hélio e o outro de carbono. E a cadeia começa novamente. Bethe demonstrou que esse ciclo de seis etapas basicamente se enquadra nos dados disponíveis de temperatura e de energia, emitida pelas estrelas. Os cálculos foram depois refinados, com a revisão dessas variáveis e com o melhor entendimento, em maior detalhe, da fusão e de seu papel na geração da energia estelar.

Durante a Segunda Guerra Mundial, Bethe venceu seu ceticismo inicial e concordou em trabalhar no desenvolvimento da bomba atômica. A convite de ROBERT OPPENHEIMER [87], incorporou-se ao Projeto Manhattan e foi nomeado chefe da Divisão Teórica, em Los Alamos. Um dos desafios de Bethe era descobrir como fazer a ignição das reações em cadeia que detonariam a bomba. Líder de cinco subgrupos, cada um deles com uma tarefa especializada, em Los Alamos, Bethe, de acordo com um observador, “parecia um encouraçado, rodeado por uma escolta de navios menores, que eram os teóricos mais jovens, e se movendo majestosamente para a frente, através do oceano do desconhecido”.

Apesar de seu trabalho ter sido decisivo para criar a bomba atômica, o desarmamento nuclear passou a ser um tema importante pelo resto de sua carreira. Com tanta fama, em Los Alamos, o relacionamento de Bethe com seu grande amigo Edward Teller se deteriorou. A quebra de seu relacionamento teve ressonância histó-

rica. Depois da guerra, Teller tornou-se um defensor de peso do desenvolvimento da bomba de hidrogênio e foi um dos arquitetos da política de armas da Guerra Fria. Bethe, em contrapartida, fez esforços consistentes para alertar o público sobre os perigos da guerra nuclear. Era, inicialmente, contrário à construção de uma “superbomba” de hidrogênio que Teller propunha durante e depois da Segunda Guerra. Eventualmente, mudou de opinião, quando se convenceu de que a União Soviética seria capaz de produzir a Bomba-H, e acabou participando de seu projeto.

Bethe também continuou seu trabalho em física teórica e aplicada, depois da Guerra, voltando para Cornell em 1946. Trabalhou numa série de pesquisas, como na Teoria das Ondas de Choque e na Teoria das Partículas Elementares, conhecidas como mésons. Em 1947 desenvolveu — enquanto viajava da Shelter Island para a cidade de Schenectady, no Estado de Nova York — uma teoria que explica a “mudança lambda”, uma mudança infinitesimal no nível de energia do átomo de hidrogênio. Essa foi uma de suas várias contribuições críticas para o desenvolvimento da eletrodinâmica quântica. Em 1967, recebeu o Prêmio Nobel por suas contribuições para a física nuclear, mais particularmente por seu trabalho em energia estelar.

Bethe tornou-se um personagem importante no esforço para impedir a proliferação de armas nucleares. Em 1958, foi delegado à conferência de Genebra que discutiu o primeiro tratado de proibição de testes nucleares. Durante a administração Nixon, foi o líder do grupo oposto à implantação do sistema de mísseis Safeguard. E deu suporte ao tratado de mísseis antibalísticos de 1972. Os debates Bethe-Teller continuaram durante a década de 1980, quando Bethe, ostensivamente, opôs-se ao custoso Programa Star Wars de Edward Teller; na década de 1990, estava promovendo maiores reduções nos arsenais nucleares mundiais. “Tenho um imenso alívio”, Bethe escreveu mais tarde, “que essas armas não foram usadas desde a Segunda Guerra Mundial, misturado com o horror de saber que dezenas de milhares dessas armas já foram construídas desde aquela época...”

Renomado como professor, Bethe continuou com várias publicações, bem depois de sua aposentadoria de Cornell, em 1975.

“Não há nada mais interessante do que a ciência”, sentenciou. “Enquanto o cérebro resistir, é o que eu vou fazer.” Em 1939, casou-se com Rose Ewald, a filha de Paul Ewald, um conhecido físico. Bethe e Rose têm dois filhos.



Euclides

& os Fundamentos da Matemática

(aprox. 295 a.C. – 270 a.C.)

Durante séculos, a geometria de Euclides vem sendo usada como a primeira e fundamental ferramenta matemática para permitir entender o mundo físico. É ensinada às crianças na escola, mas a característica simples de muitos de seus axiomas pode ser enganadora. No início de sua carreira, ISAAC NEWTON [1] passou de leve sobre as propostas de Euclides e, de acordo com um de seus discípulos, “ficou imaginando como qualquer pessoa poderia se divertir em escrever quaisquer demonstrações para elas”. Mas Newton logo percebeu seu erro e voltou-se para os *Elementos* com maior atenção e, eventualmente, produziu sua teoria das derivadas ou do cálculo. A

geometria de Euclides, escreveu o filósofo neoplatônico Proclus, “tem a mesma relação com o resto da matemática, como têm com a linguagem as letras do alfabeto”. No cotidiano atual, numa escala humana, esta frase, que foi escrita no século V d.C., somente necessitaria de uma ligeira revisão.

Virtualmente nada se sabe sobre a vida de Euclides, exceto que viveu no final da Idade Helênica, uma geração mais nova do que a de Aristóteles, e mais ou menos na mesma época em que viveu ARQUIMEDES [100]. Com toda a probabilidade, freqüentou a Academia de Platão, fundada um século antes, sendo a escola de matemática mais importante então existente. Em Alexandria, durante o reinado iluminado de Ptolomeu I, que tomara o poder no Egito após a morte de Alexandre, o Grande, Euclides fundou depois uma escola. Conta-se a história de que Ptolomeu perguntou a Euclides se não haveria uma maneira mais fácil de entender a geometria sem ser preciso estudar os *Elementos*. Euclides respondeu: “Não existe um caminho para a realeza na geometria.”

Os *Elementos*, constituídos de 13 livros, incluem a síntese dos trabalhos anteriormente compilados por outros, calcados especialmente nos teoremas de Pitágoras e de Eudoxos. Num estilo admiravelmente conciso, os primeiros seis livros apresentam os teoremas da geometria plana. (O Livro I inclui o categórico teorema de Pitágoras que, como pode ser dito, forma o princípio básico das explicações geométricas da natureza.) Os três livros seguintes se ocupam com a teoria dos números e incluem as discussões de Euclides sobre números perfeitos e primos.³³ O Livro X tem a ver com os números irracionais, que foram discutidos por Eudoxos, e os três últimos livros repetem a geometria sólida.

Não é difícil saber por que o trabalho de Euclides ainda perdura. Ele fornece definições, claras e independentes de época, para seus termos — o ponto, por exemplo, é “aquilo que não tem partes ou aquilo que não tem magnitude” — e desenvolve dos postulados, ou

³³ Os números perfeitos são aqueles cujos fatores somam o próprio número. O número 6 é perfeito, porque é a soma de 1, 2 e 3. Os números perfeitos são raros: por exemplo, 1, 2, 498 e 8128. Os números primos são números que têm somente 1 e o próprio número como fatores. A Euclides se deve a prova de que a quantidade de números primos é infinita.

axiomas, as séries de proposições, problemas e teoremas que constituem a maior parte dos livros. O conjunto dos *Elementos* contém 467 teoremas. Historicamente, o postulado mais significativo de Euclides é o problemático número cinco: que, dada uma linha *A* e um ponto, somente uma linha *B* pode ser desenhada *paralela* à linha *A*. Apesar de matemáticos mais tarde terem tentado provar esse postulado, foi finalmente estabelecido, no século XIX, que ele não podia, na verdade, ser provado. As geometrias não-euclidianas foram então desenvolvidas, colocando um fim necessário à hegemonia de Euclides. Atualmente, além da geometria plana de Euclides, existem as geometrias hiperbólicas e elípticas do espaço curvo.

O significado da geometria de Euclides para o mundo físico, do modo como evoluiu na cultura ocidental, é tão extraordinário, como incalculável. É claramente a fundação do projeto e da engenharia ocidental — considere todas as monumentais construções feitas até hoje. E é a base para a hipótese fundamental da física: por exemplo, que uma linha reta é a distância mais curta entre dois pontos. A geometria euclidiana só começa a dar uma falsa impressão do mundo, em magnitudes e distâncias extremas. É a matemática do espaço do bom senso, cujas limitações se tornaram aparentes somente nos últimos dois séculos. ALBERT EINSTEIN [2] começa sua exposição popular, a “Relatividade”, com uma discussão dos conceitos euclidianos.

Euclides morreu por volta de 270 a.C., de acordo com uma conjectura inteligente. Uma avaliação de seu caráter, que veio através dos tempos, o descreve como um sábio razoável, modesto e exato. Algumas das enormes legiões de crianças de colégio, entretanto, que batalharam com os teoremas euclidianos, vêem nele algo diferente, e alguns outros se vingaram. Entre estes, está Wilbur D. Birdwood, o autor, em pseudônimo, do livro de 1922, *A Descrição do Sexo por Euclides*. No texto, Freud foi chamado para descrever Euclides como sendo um homem com “um caso grave do complexo da avó”. Uma linha reta é a distância mais curta entre dois pontos:

A ————— B

Pelo menos, escreve Birdwood, no caso em que “A é o Euclides, e B é a avó”.



Gregor Mendel & as Leis da Hereditariedade

(1822 – 1884)

A história de como Gregor Mendel, um monge aposentado, descobriu as três leis da hereditariedade e ofereceu-as ao mundo em 1865 — mas que, rejeitado, morreu no esquecimento, somente para ser ressuscitado como um gênio científico — é uma parábola do século XX. É verdade que a percepção básica de Mendel — de que características específicas são transmitidas aos descendentes, de acordo com regras definidas e quantificáveis — ajudou a moldar o pensamento biológico de maneira muito significativa. Mas, em anos mais recentes, quando os historiadores de ciência olharam cuidadosamente para o trabalho de Mendel e para a comunidade científica

do final do século XIX, suas aspirações e suas descobertas não são o que pareciam ser. O “padre que tinha na mão a chave da evolução”, como o escritor científico Loren Eiseley o descreveu, uma geração atrás, passou, recentemente, por um considerável reexame. Mas apesar de os resultados e metas não terem sido tão formidáveis, como algumas vezes foram proclamados, sua influência póstuma na biologia é irretorquível.

Nascido em 22 de julho de 1822, o nome de Mendel ao nascer foi Johann. Os pais dele eram camponeses prósperos na Silésia, que fora parte do Império Polonês, mas que, nessa época, fazia parte da Prússia e que, hoje, fica dentro dos limites da República Tchecoslováquia. Quando sua capacidade intelectual foi reconhecida, encaminharam-no para o ginásio, em Troppau. Mais tarde, cursou a Universidade de Olmütz. Quando jovem, freqüentemente ficava doente, com problemas que, possivelmente, eram de origem psicossomática. Aos 21 anos, entrou para o convento augustiniano, em Brünn (atualmente, Brno), uma decisão de carreira que, provavelmente, teve pouco significado religioso. Depois de fazer estudos em teologia, bem como em agricultura e botânica, entre 1844 e 1848, Mendel foi ordenado e tomou o nome monástico de Gregor. De 1851 a 1853, estudou matemática e ciências físicas na Universidade de Viena. Ao voltar ao convento, em 1854, começou a ensinar naquele local e o fez durante 14 anos.

Em 1856, Mendel começou sua longa série de experiências com as ervilhas comestíveis. Durante um período de cerca de dois anos, cultivou ervilhas para desenvolver linhas “puras”, com sete características distintas, tais como tamanho, cor, formato e textura. Cultivou, então, padrões com características alternativas, cruzando plantas baixas com altas, ervilhas lisas com enrugadas e assim por diante. Na espera de que disso resultasse uma mistura — plantas de altura mediana ou ervilhas parcialmente lisas, por exemplo —, Mendel pôde, em vez disso, mostrar que as características alternativas, propriamente ditas, eram herdadas. Algumas plantas ficaram altas, e outras, baixas; algumas ervilhas, lisas, enquanto outras ficaram enrugadas. A *Lei da Segregação Independente* tornou-se a primeira das três leis de Mendel sobre a hereditariedade.

Mendel também descobriu que as características individuais, e não todas as características, eram passadas para a frente pela reprodução. Cada par de sete características, estudado por Mendel, operava independentemente um do outro. Os vários aspectos dessa teoria ficariam eventualmente um pouco apagados, quando a base física da genética foi estabelecida; mas Mendel, de sua parte, teve a sorte de usar ervilhas, cujas características externas são escolhidas independentemente umas das outras. Esta se tornou a segunda lei de Mendel: a *Lei da Combinação Independente*. Quando THOMAS HUNT MORGAN [62] descobriu que algumas características são ligadas, essa lei foi modificada.

A terceira lei de Mendel, a *Lei da Dominação*, sustenta que, dos fatores que fazem um par de características herdadas, um é sempre dominante, e o outro, recessivo. Essa lei opera em proporções definidas e, atualmente, sabe-se que tem aplicação limitada.

O projeto experimental, cuidadosamente concebido, era um fator importante da pesquisa de Mendel. Ele cultivou algo como 28 mil plantas, fertilizava-as manualmente (as abelhas geralmente fazem esse trabalho) e usava uma série de plantas diferentes, como grupos de controle. Mendel não se esquecia da natureza tediosa de suas experiências. Escreveu: "É necessária, certamente, alguma coragem para iniciar um trabalho com uma extensão de alcance tão longo; parece, entretanto, ser a única maneira correta de se poder, finalmente, atingir a solução de um problema, cuja importância não deve ser sobreestimada, com relação à história da evolução das formas orgânicas."

Em trabalho apresentado à Sociedade de História Natural de Brünn, em 1865, e publicado no ano seguinte, Mendel apresentou os resultados de suas experiências. O trabalho foi ignorado. Em seguida, manteve correspondência com o conhecido botânico suíço K. W. von Nägeli, por sinal bastante desencorajadora. Depois de Nägeli sugerir experimentar com asclepiadáceas, que se reproduzem de maneira fora do normal, Mendel não conseguiu confirmar os resultados iniciais obtidos com as ervilhas. Logo abandonou as experiências adicionais. Continuou, no final de sua vida, a trabalhar com maçãs e pêras, tornando-se conhecido entre os pomólogos (os que estudam as maçãs). Em 1868, Mendel foi nomeado abade do

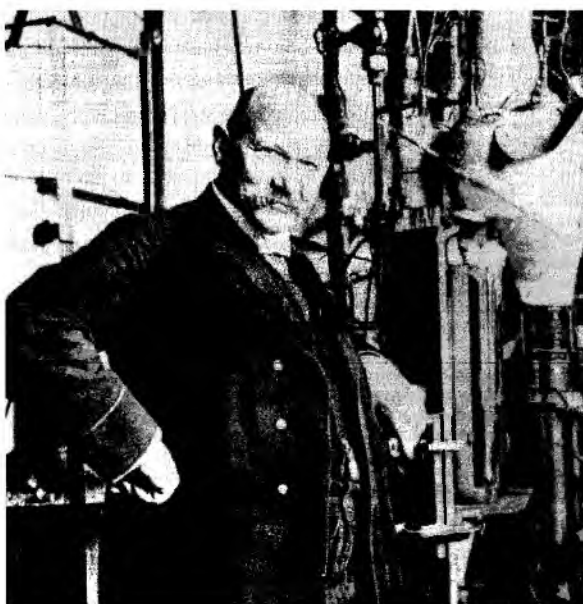
convento, em Brünn, que lhe trouxe tarefas administrativas pelo resto da vida. Em 1878, Mendel levou C. W. Eichling, um horticultor, a passear em seu jardim e mostrou as ervilhas “que ele disse haver modificado em formato e em tipo de fruta... Perguntei como havia feito isso, e ele respondeu: ‘É apenas um pequeno truque, mas existe uma longa história ligada a ele que levaria muito tempo para ser relatada’.”

Em 1900, 16 anos depois de sua morte, os artigos de Mendel foram redescobertos por três botânicos: Hugo de Vries, Carl Correns e Erich Tschermak von Seysenegg. A importância conferida ao trabalho — que apareceu, atualmente se acredita, devido a uma pesquisa de literatura — foi por ter sido a maneira pela qual evitaram uma disputa desagradável de prioridade, com relação às leis de dominação e de segregação. Foi também um modo para entenderem e organizarem suas próprias experiências. Em seguida, William Bateson, o cientista de Cambridge que batizou o termo *genética*, encaixou as leis de Mendel no contexto de sua própria pesquisa sobre a hereditariedade. Bateson rejeitava as hipóteses de Darwin sobre a especiação gradual, e as experiências de Mendel podiam ser usadas para ajudar a explicar seu esquema de mutações. Somente na década de 1930, por meio do trabalho de uma nova geração de geneticistas, parece que a confusão ligada à contribuição de Mendel ficou esclarecida. Quando isso aconteceu, Mendel passou a ser considerado como tendo explicado o mecanismo básico das características herdadas, que agora se havia tornado parte de uma teoria maior da seleção natural, com o suporte dado pela descoberta da herança por meio dos cromossomos.

Assim, atualmente sob o escrutínio dos estudiosos recentes, essa situação foi corrigida, e o trabalho de Gregor Mendel, reavaliado. O interesse principal de Mendel parece ter sido centrado no desenvolvimento de novos híbridos de plantas, que não eram entendidos, apesar de ele ter lido Darwin e estar ciente dos problemas maiores envolvidos na hereditariedade. E, apesar de suas experiências terem sido impressionantes, os resultados são bons demais para serem verdadeiros; não se consegue repetir os mesmos com facilidade. Historicamente, entretanto, seu trabalho representou uma nova ênfase na quantificação da biologia, e Mendel foi responsável pelo

que Peter J. Bowler chamou de “revolução conceptual”. O mendelismo “foi uma pedra de toque na direção do excitante — e talvez amedrontador — mundo da biologia do final do século XX. Se desejamos entender o papel da ciência no mundo complexo em que vivemos, as origens do mendelismo certamente merecem uma investigação séria”.

No final de sua vida, Mendel, o monge suave, foi envolvido numa amarga contenda sobre impostos com o governo. Parece ter contraído uma doença do coração, seus rins passaram a não funcionar bem e começou a fumar 20 charutos por dia. Acometido de edema, passou seus últimos dias sentado numa poltrona com os pés enrolados em bandagens. Foi assim que o zelador o encontrou morto, em 6 de janeiro de 1884.



Heike Kamerlingh Onnes & a Supercondutividade

(1853 – 1926)

A física que estuda os fenômenos de baixas temperaturas, ou criogenia, gerou a refrigeração, os novos fertilizantes, os maçaricos e os motores de foguetes, além de outros desenvolvimentos comerciais. Mas, fora isso, o estudo do comportamento de certas substâncias a temperaturas abaixo de 100°C esclarece as propriedades fundamentais da matéria e do eletromagnetismo. A *supercondutividade*, ou seja, o desaparecimento da resistência elétrica em temperaturas muito baixas, tem implicações tanto tecnológicas quanto teóricas, e foi descoberta, em 1911, pelo cientista holandês Heike Kamerlingh Onnes. Grande pesquisador, agraciado com um Prêmio Nobel, e

diretor de um influente laboratório em Leiden, Onnes era conhecido como o “senhor do zero absoluto”.

Heike Kamerlingh Onnes nasceu a 21 de setembro de 1853, na cidade razoavelmente desenvolvida de Groningen, no nordeste da Holanda, num ambiente estrito e numa família de posses. Sua mãe, Anna Gerdina Coers, era filha de um arquiteto; e seu pai, um fabricante de ladrilhos. A partir de 1870, estudou física e matemática na Universidade de Groningen, onde recebeu premiações por suas pesquisas e recebeu, em 1871, um título de estagiário. Ao viajar para a Alemanha, teve a distinção de estudar com GUSTAV KIRCHHOFF [57] e com Robert Bunsen, na Universidade de Heidelberg, antes de voltar para Groningen a fim de completar o trabalho acadêmico necessário ao título de doutor *magna cum laude*. A tese de Kamerlingh Onne, intitulada *Novas Provas da Rotação Axial da Terra*, foi inspirada em seu trabalho com Kirchhoff e lhe conferiu o doutorado em 1879, um ano depois de ter começado a ensinar na Escola Politécnica de Delft.

No começo do século XIX, os pesquisadores haviam descoberto que os gases reagem de modo imprevisível às mudanças de pressão e de temperatura. MICHAEL FARADAY [11], por exemplo, descobriu que podia liquefazer o cloro e o dióxido de carbono. Com o aperfeiçoamento dos métodos experimentais, os cientistas puderam produzir pequenas quantidades de oxigênio líquido. Historicamente, essa nova pesquisa na física das baixas temperaturas incorporou-se às teorias modernas da termodinâmica e da química dos átomos e das moléculas, durante o final do século XIX. E não é surpreendente — durante séculos, os seres humanos tentaram manter frios os materiais perecíveis — que também tenha coincidido com as tentativas de desenvolver novas formas de refrigeração.

No final da década de 1870, Kamerlingh Onnes havia se interessado pelas teorias dos gases e da temperatura crítica, antes desenvolvidas por Johannes van der Waals, seu colega mais velho na Politécnica. Van der Waals havia sugerido uma “lei de estados correspondentes” que Kamerlingh Onnes se propôs a verificar. Era baseada na suposição de que todos os gases compartilham de algumas propriedades gerais e que se comportam de modo semelhante, quando a pressão, a temperatura e o volume forem ajustados

com relação ao tamanho de cada molécula específica. Kamerlingh Onnes ficou muito impressionado com essa idéia, por sua importância para a pesquisa básica. Além de tentar encontrar aplicações práticas, ele esperava, como declarou mais tarde, “levantar o véu que os movimentos térmicos, em temperaturas normais, colocam sobre o mundo interior dos átomos e dos elétrons”. Para estudos dessa natureza, entretanto, os gases teriam de ser resfriados até as temperaturas o mais possível baixas — na verdade, até ao ponto em que se liquefizessem. Kamerlingh Onnes destinou seu laboratório a esse projeto, quando se mudou de Delft, para se tornar professor de física na Universidade de Leiden, em 1882.

Duas técnicas haviam sido desenvolvidas na década de 1870 para resfriar os gases, e Kamerlingh Onnes empregou-as no início de sua pesquisa. Um dos métodos, o de Carl Linde, era submeter o gás à pressão e forçá-lo por meio de uma serpentina, com troca de calor, o que fazia o gás ficar cada vez mais frio. O outro envolvia a compressão e, em seguida, a súbita expansão do gás. Por volta de 1892, Kamerlingh Onnes havia desenvolvido um aparelho que usava o “método de cascata” para o resfriamento progressivo. Os gases usados, em primeiro lugar, foram o oxigênio e o ar, e seu aparelho foi finalmente capaz de produzir cerca de 14 litros, por hora, de ar líquido — um fluido azul pálido. O aparelho necessário para essas experiências era complexo, difícil de construir e tedioso de operar. Em 1901, Onnes fundou uma escola para treinar sopradores de vidro para poderem preparar os aparelhos especiais de que necessitava, bem como para fabricantes de instrumentos, para que fizessem as várias serpentinas e bombas. Por um período de mais de duas décadas, Kamerlingh Onnes “introduziu práticas de engenharia consistentes e uma maneira verdadeiramente científica para toda a física de baixa temperatura”, escreveu Emilio Segrè.

Com o desenvolvimento da criogenia, ficou claro que para qualquer gás haveria uma temperatura na qual ele se tornaria líquido. A única exceção, o hidrogênio, foi liquefeito em 1898 pelo cientista escocês James Dewar, mas não foi produzido em maiores quantidades, senão oito anos mais tarde, no laboratório de Leiden. Por volta de 1907, Kamerlingh Onnes e outros haviam obtido sucesso na liquefação de todos os gases conhecidos, exceto na do

hélio, que era o mais leve. O hélio, um gás raro, torna-se líquido a uma temperatura muito, mas muito fria, equivalente a quatro graus acima do zero absoluto.³⁴ Sua liquefação passou a ser uma meta importante, à qual Kamerlingh Onnes conseguiu chegar em 1908. O hélio líquido é perfeitamente transparente e quando o menisco — a curvatura típica que um líquido forma quando dentro de um recipiente — se formou no aparelho não foi logo notado por Kamerlingh Onnes. Um visitante, no laboratório, mostrou o que havia sucedido. “Com essa liquefação”, escreveu J. van den Handel, “uma vasta e nova região de temperaturas foi aberta para a pesquisa — um campo no qual, até sua aposentadoria em 1923, Kamerlingh Onnes manteve-se como o líder absoluto.” Seus resultados eram regularmente publicados no exterior. E não foi nenhuma surpresa quando, em 1913, ele recebeu o Prêmio Nobel de física por suas pesquisas em criogenia.

Entretanto, a descoberta que constitui o legado mais conhecido de Kamerlingh Onnes data de 1911. Nas experiências com o mercúrio notou que a resistência à corrente elétrica em temperaturas de 4,2 Kelvin (cerca de -269°C) subitamente cai para zero. Obteve resultados semelhantes com o estanho, com o zinco, com o chumbo e com outros metais. Apesar de não ter podido explicar o fenômeno, estava bem ciente de seu significado. Descreveu essa falta de resistência como consequência de um novo estado da matéria, que chamou de *supracondutividade*; atualmente é conhecida como supercondutividade, não podendo ser interpretada pela mecânica clássica. Sua tão aguardada explicação pela eletrodinâmica quântica só apareceu em 1957, com a teoria de JOHN BARDEEN [50], Leon Cooper e John Schrieffer. A perspectiva de desenvolver a supercondutividade nos materiais a temperaturas mais altas do que as extremamente frias vem causando uma boa dose de excitação nos últimos anos. Tais materiais teriam aplicação em medicina e em energia nuclear, além de acenarem com ótimas imagens, tais como um trem que se move quando em estado de levitação. Durante alguns anos, aparelhos conhecidos como SQUIDS (aparelhos de interferência

³⁴ O zero absoluto indica a ausência de calor. Jacques Charles havia descoberto, no final do século XVIII, que um gás se contrai por $1/273$ de seu volume quando resfriado de 1°C para 0°C . O zero absoluto, na escala Kelvin, é, portanto, -273°C .

quântica supercondutora) vêm sendo usados numa escala modesta, em diagnósticos médicos e em outras aplicações.

De modo algum isolado como cientista, Kamerlingh Onnes tentou achar aplicações para a criogenia em armazenamento de alimentos, na produção de gelo e em outras indústrias. Durante a Primeira Guerra Mundial participou das atividades de ajuda aos famintos. Foi casado com Elizabeth Bijleveld e tiveram um filho. Kamerlingh foi um homem ativo e enérgico durante a maior parte da vida, apesar de sempre ter tido pouca saúde. Morreu em 21 de fevereiro de 1926, em Leiden.

Quando Kamerlingh Onnes iniciou seu trabalho em Leiden, em 1882, seu discurso inaugural foi intitulado O Significado da Pesquisa Quantitativa na Física. Se dependesse dele, afirmou, existiria uma placa na entrada de todos os laboratórios de física com os seguintes dizeres: *Door meten tot weten. (O conhecimento através da medida.)*



Thomas Hunt Morgan & a Teoria Cromossômica da Hereditariedade

(1866 – 1945)

Uma revolução na biologia teve início no final do século XIX, quando, na geração de CHARLES DARWIN [4], uma pesquisa começou a descobrir a base física da hereditariedade. Os avanços da química e da microscopia haviam esclarecido a noção de célula, que veio a ser entendida como a unidade básica dos seres vivos. Foi descoberto que, quando as células se dividem, pequenos corpos, com formato de fios, podem ser observados dentro delas e que então dobram de número e, pois, migram para cada uma das células produzidas. Esses *cromossomos* foram descobertos e nomeados por volta de 1880,

mas sua aplicação permaneceu desconhecida até aparecer, cerca de vinte anos mais tarde, a hipótese de que eram portadores de informações genéticas. Que essa era realmente a verdade e que os genes estavam localizados neles foram demonstrados no final da primeira década do século XX por Thomas Hunt Morgan, o principal fundador do que passou a ser conhecido como a Teoria Cromossômica da Hereditariedade.

Natural do Estado de Kentucky e pertencente a uma alta linhagem, Thomas Hunt Morgan nasceu em 25 de setembro de 1866, em Lexington. Seu pai, Charlton Hunt Morgan, que servira como cônsul dos Estados Unidos na Sicília, tinha uma manufatura de cânhamo e contava entre seus parentes com J. Pierpont Morgan, o financista. Sua mãe, Ellen Key Morgan, era neta de Francis Scott Key, o compositor do hino *The Star Spangled Banner*. Ainda criança, Thomas demonstrou interesse em história natural, colecionando ovos de pássaros e fósseis. Aos 16 anos, matriculou-se no Kentucky State College (hoje Universidade de Kentucky), formando-se em zoologia e recebendo o título de bacharel em 1886. Em seguida, estudou morfologia — a estrutura dos animais e das plantas — na Universidade Johns Hopkins, doutorando-se em 1890 com uma monografia sobre as aranhas-do-mar — as picnogônidas que habitam as profundezas do oceano. Depois de passar um ano fazendo estudos de pós-graduação em Nápoles, na Itália, tornou-se professor em Bryn Mawr, em 1891. Em 1904, depois de ter adquirido uma considerável reputação com sua pesquisa experimental, mudou-se para a Universidade de Colúmbia, onde fez seu trabalho mais importante. A confinada “sala das moscas”, em Colúmbia, com Morgan ao centro examinando espécimes com uma lente de aumento de joalheiro, tem seu lugar nas lendas científicas.

Na época em que Morgan começou os estudos sobre os mecanismos da hereditariedade, vários setores da biologia estavam sofrendo rápidas mudanças. A Teoria da Evolução estava começando a exercer uma grande atração nos biométricos e citologistas, enquanto a confusão reinava na velha ciência da morfologia, na qual os esforços para classificar os animais, de acordo com a estrutura física, envolviam considerável grau de especulação. Sob a influência da lei da biogenética de ERNST HAECKEL [90], por exemplo, os peixes eram considerados

como ancestrais dos seres humanos. Morgan era cético com relação à utilidade desse sistema, que era bem influente em campos como a anatomia comparativa e a paleontologia. Suas hipóteses amplas, mas realmente não provadas, o incomodavam, e ele escreveu: "É notório que a mente humana, sem controle, tem o mau hábito de se perder." Morgan também, inicialmente, criticou a teoria da hereditariedade expressa por GREGOR MENDEL [60], redescoberta em 1900, e duvidava de que o lento acúmulo de variações pudesse ser responsável pela evolução.

Na verdade, ao visitar Hugo de Vries, na Holanda, Morgan ficou impressionado com a possibilidade de que as mutações fossem o motor das transformações evolucionárias. Como consequência, em 1907 começou a fazer experiências com a mosca comum das frutas, a *Drosophila Melanogaster*, procurando evidências de alguma mudança súbita com o passar das gerações. Com um pedaço de banana, ou com qualquer outro alimento, a mosca da fruta pode se replicar rápida e eficientemente e, em cerca de dois anos, pode produzir tantos descendentes, quantos os homens e as mulheres, com seus relacionamentos, produziram por mais de dois milênios. Além de serem prolíficas, as moscas da fruta têm somente quatro cromossomos, que são de tamanho fora do normal, tornando-se relativamente fáceis de estudar.

Morgan trabalhou durante dois anos com as moscas, sem ter tido resultados positivos, até que notou em 1910 que um espécime tinha olhos brancos e não vermelhos. Durante os vários meses que se seguiram, enquanto criava cuidadosamente a mosca e esperava os resultados, ficou num estado de grande expectativa. De acordo com uma das histórias que se contam, ao visitar sua mulher, depois de ter dado à luz sua filha, Morgan a presenteou com fartas informações sobre a mosca de olhos brancos, até que parou para perguntar: "E como está o neném?"

Ao criar o mutante, Morgan percebeu que a primeira geração era normal, ou seja, com olhos vermelhos. Mas, nas gerações seguintes, os olhos brancos reapareciam numa quantidade — contra suas expectativas — que confirmava a Terceira Lei de Hereditariedade de Mendel, dando uma proporção de 3 por 1 para as características dominantes sobre as recessivas. Além do mais, e de igual

importância, todas as moscas de olhos brancos eram machas. Morgan, corretamente, fez a hipótese de que a característica dos olhos brancos seria ligada ao sexo; e descobriu o que veio a ser chamado de *encadeamento dos genes*. Nessa altura, já tendo aderido às leis da hereditariedade e não mais cético, Morgan publicou, em 1915, *O Mecanismo da Hereditariedade Mendeliana*. Quanto ao que foi chamado “de um dos resultados experimentais mais bonitos da história da ciência”, Morgan mostrou que os genes eram entidades físicas, localizadas ao longo dos cromossomos.

No trabalho, publicado depois da Primeira Guerra Mundial, Morgan desenvolveu o que é conhecido como a teoria cromossômica da hereditariedade e criou a linguagem básica da genética. Foi autor de vários livros-textos críticos sobre genética, incluindo *A Base Física da Hereditariedade*, publicado em 1919, e *Evolução e Genética*, em 1925. Em 1926, apareceu *A Teoria do Gene*; em 1933, *Embriologia e Genética*.

Nas experiências, Morgan mapeou a estrutura genética da mosca da fruta, esclarecendo vários mecanismos, como a *recombinação*, a *classificação* e a *segregação*. Revisou o significado da *mutação*, aplicando-a às características específicas e não à aparência dos novos animais. Do ponto de vista de Morgan, que se tornou predominante, pequenas alterações entram na população como características alternativas (chamadas de alelos), e o ambiente exerce uma pressão seletiva em sua adaptabilidade. Assim é que as espécies adquirem uma grande gama de variações individuais, permanecendo, entretanto, como unidades isoladas. Em 1933, por seu trabalho em genética, Morgan recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia/Medicina.

Em 1928, apesar de estar prestes a se aposentar da Universidade de Colúmbia, Morgan mudou-se para o California Institute of Technology, por convite, para reorganizar totalmente o departamento de biologia. Embora sua época como cientista original já estivesse praticamente terminada, tinha grande influência no departamento, promovendo a interação entre os biólogos, os físicos e os químicos, e trazendo MAX DELBRÜCK [68] e muitos outros cientistas para a Caltech. Morreu a 4 de dezembro de 1945.

Possuidor de um caráter complexo, Morgan é lembrado como sendo o promotor de uma atmosfera altamente criativa, de discussão

aberta, em seu laboratório. Um dos estudantes devotados a ele descreveu o sistema de Morgan como sendo "composto de entusiasmo combinado com um forte senso crítico, com generosidade, com uma mente aberta e com um extraordinário senso de humor". A isso deve ser adicionado o fato de que Morgan não estava muito interessado nos genes como entidades físicas e não previu o significado do DNA. Também não se sentia à vontade com a matemática, apesar de entender o trabalho quantitativo e poder observar seus aspectos gerais. Entretanto, "em seu forte compromisso com o materialismo e com a experimentação", como escreveu Garland E. Allen, "Morgan ajudou a criar uma onda de futuro que, hoje, já entrou em todas as áreas da biologia moderna".



Hermann von Helmholtz & o Crescimento da Ciência Alemã

(1821 – 1894)

Conhecido carinhosamente como o Chanceler do Reich da Física por seus colegas, Hermann von Helmholtz é um dos personagens mais proeminentes do renascimento científico alemão do século XX. Contribuiu de maneira fundamental para a fisiologia e para a física, apresentando também inovações vitais na ótica e na acústica. Um dos últimos grandes cientistas a fazer pesquisas originais em muitas áreas, Helmholtz trabalhou em termodinâmica, em eletrodinâmica e em hidrodinâmica. Teve forte influência sobre outros cientistas, notadamente sobre Heinrich Hertz e MAX PLANCK [25], e dominou a ciência na Universidade de Berlim durante o período de incubação da revo-

lução na física, que viria a acontecer no século XX. “Como confidente de imperadores e de industriais, de artistas e de filósofos sociais e homens de ciência e de funcionários do governo”, escreveu recentemente Richard I. Kremer, “Helmholtz também se destacou como o líder político e mesmo espiritual da poderosa comunidade científica alemã.”

Hermann von Ludwig Ferdinand von Helmholtz, como se tornou conhecido ao lhe ser concedido o título de nobreza, já no final da vida, nasceu em 31 de agosto de 1821, em Potsdam, perto de Berlim. Sua mãe, Caroline Penn, era descendente de William Penn. Franzino na juventude, possuía um relacionamento forte e profundo com seu pai, que ensinava filosofia e literatura na Universidade de Potsdam. Ferdinand Helmholtz, um homem sensível e de grande erudição, ensinou a seu filho latim antigo e grego, bem como hebraico, francês, inglês, árabe e italiano. Também apresentou a Hermann a filosofia transcendental de Hegel e a obra de Kant.

Apesar de Helmholtz ter sido atraído pela física desde cedo, sua família não tinha os meios necessários para lhe dar uma educação universitária. Em vez disso, cursou o Instituto Médico Friedrich Wilhelm, desde 1838, e lá recebeu formação gratuita como médico em troca de um período a ser cumprido como militar, atuando como médico do Exército. Em 1842, Helmholtz recebeu seu diploma, após estudar com o conhecido fisiologista e anatomista Johannes Müller. Sua tese, sobre a estrutura do sistema nervoso dos animais invertebrados, resume muito bem a gama de seus interesses em fisiologia, física e eletricidade. Em seguida, Helmholtz serviu cinco anos no Exército. Designado para sua cidade natal, conseguiu continuar as pesquisas, tendo até conseguido fundar um laboratório de estudos, enquanto estava servindo, e se manter informado dos desenvolvimentos contemporâneos da ciência. Em 1848, obteve permissão para deixar a vida militar e passou a ser professor na Universidade de Königsberg.

Um dos maiores esforços de Helmholtz foi fazer parte do desafio ao vitalismo, a doutrina de que tudo o que vivia necessitava de uma “força vital” que nunca podia ser explicada, nem pela química e nem pela física. Em 1842, Julius Robert von Mayer havia chegado à conclusão de que a energia química e o calor podiam ser expressos

como quantitativamente equivalentes, baseado em suas conclusões sobre o metabolismo do corpo humano; em 1845, ampliou a idéia para os fenômenos eletromagnéticos e químicos. Helmholtz não tinha conhecimento do trabalho de Mayer, quando leu seu artigo *Sobre a Conservação da Energia* para a Sociedade de Física de Berlim em 1847. Mas, de maneira semelhante, apresentou a hipótese de uma unidade de matéria subjacente, que não respeitava as idéias vitalistas: o calor e as contrações musculares nos animais eram o resultado de reações químicas e físicas. Do mesmo modo que o artigo *Sobre a Conservação da Energia*, de Mayer, o de Helmholtz ajudou a estabelecer aquilo que passou a ser a primeira lei da termodinâmica que define o calor como uma forma de energia. A apresentação de Mayer não foi aceita de imediato — o que contribuiu para que, mais tarde, ficasse louco —, mas as conclusões semelhantes apresentadas por Helmholtz eram muito mais sofisticadas do ponto de vista matemático. Apesar de sua importância não ter sido reconhecida de imediato, somente este artigo já serviria para remeter Helmholtz ao século XX.

Em 1851, ao investigar a luminosidade do olho, Helmholtz inventou o oftalmoscópio, um aparelho muito interessante. Como explicou, anos mais tarde, ocorreu-lhe que, ao serem examinados, os olhos refletiam raios vermelhos. Anteriormente, Ernst von Brücke havia notado que a pupila aumenta e diminui por ação reflexa, mas “não se perguntou a que imagem ótica pertenciam os raios refletidos pelo olho iluminado”. Na verdade, a fonte do reflexo é a retina, dentro do olho, que é sensível à luz. Helmholtz construiu um instrumento simples e manual — um espelho côncavo com um furo no centro. O aparelho, a princípio, não funcionou e, “se não fosse pela minha firme convicção teórica de que seria possível ver o fundo [da retina], eu poderia não ter continuado. Mas, depois de cerca de uma semana, tornei-me o primeiro a ter sucesso em conseguir uma visão clara da retina humana viva”.

Helmholtz também desenvolveu o oftalmômetro para medir a curvatura do olho, tornando possível diagnosticar o grau de astigmatismo. Essa invenção, que um dos principais oftalmologistas, Von Grafe, chamou de “a mais influente de todas as invenções”, deu considerável fama a Helmholtz, que ainda fez outras contribuições

para o estudo da visão e, em 1856, publicou o primeiro volume de seu livro *Handbuch der Physiologischen Optik*, traduzido em 1924 como *Tratado sobre a Fisiologia Ótica*.

É impressionante a soma das realizações de Helmholtz, a partir da década de 1850. Inventou o miógrafo em 1852 e usou este instrumento de medida para fazer a primeira estimativa da velocidade do impulso nervoso. Retificou a teoria da visão em cores, proposta por Thomas Young, de modo a torná-la uma explicação influente e completa. O mais notável foi o estudo do ouvido, com o desenvolvimento de um novo entendimento de sua estrutura, o que o levou a pesquisas famosas em acústica e à produção da teoria da ressonância auditiva. Em 1863, seu livro *Sobre a Sensação do Tom como Uma Base Fisiológica para a Teoria da Música* ofereceu uma explicação de cunho mecânico para a estética da música, que, em seus termos mais gerais, seria ainda válida nos dias de hoje.

Em 1855, Helmholtz transferiu-se para a Universidade de Bonn e três anos mais tarde para a Universidade de Heidelberg, onde foi fundado, a seu pedido, um novo instituto de fisiologia. Entretanto, lá pelo final da década de 1860, Helmholtz começou a pensar que o campo da fisiologia, que se estava expandindo rapidamente, não podia mais ser investigado em sua totalidade. Por isso, voltou-se para a física. Em 1871, aceitou um cargo de prestígio, o de professor de física na Universidade de Berlim, e logo começou a contribuir para as teorias da mecânica, da dinâmica dos fluidos e do eletromagnetismo.

Historicamente, a maior contribuição de Helmholtz para a física na Alemanha foi uma reorientação no sentido de dar valor ao trabalho de MICHAEL FARADAY [11] e de JAMES CLERK MAXWELL [12]. Enquanto a teoria do eletromagnetismo de Maxwell era uma teoria de campo, o que desde já ajudaria a dar luz à nova teoria da matéria, a idéia dominante na física alemã, na época, era de que a eletricidade tinha a ver com a “ação a distância”. Helmholtz gradualmente moveu-se na direção de aceitar os pontos de vista de Maxwell, reconhecendo que a implicação levava a uma teoria de partícula para o fenômeno elétrico. “Se aceitamos a hipótese de que as substâncias elementares [elementos] são compostas de átomos”, declarou Helmholtz em 1881, “não podemos evitar a conclusão de que a eletricidade

dade também, tanto positiva quanto negativa, está dividida em partes elementares que se comportam como átomos de eletricidade.”

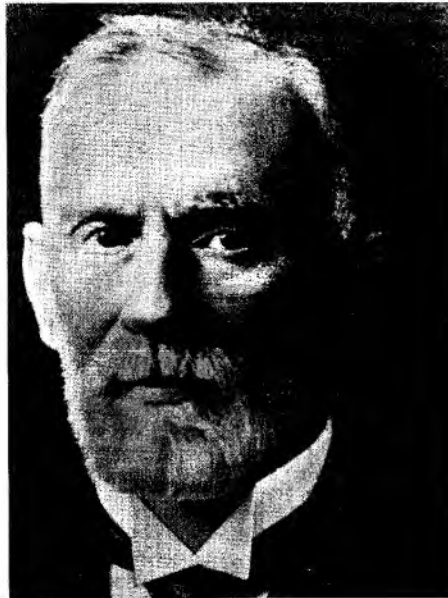
Instigado por Helmholtz, seu aluno Heinrich Hertz confirmou experimentalmente as equações de Maxwell em 1886. Ao anunciar os resultados de Hertz para a Sociedade de Física de Berlim, Helmholtz não hesitou. “Senhores!” — exclamou — “Estou a ponto de compartilhar, no dia de hoje, a mais importante descoberta da física neste século.” Helmholtz fez um esforço interessante para reduzir a eletrodinâmica a um conjunto de idéias matemáticas, mas não teve sucesso, principalmente porque a física clássica havia chegado a seu limite. Maiores avanços de peso teriam de esperar por MAX PLANCK [25] para a solução do problema do corpo negro e pela descoberta dos raios X mais perto da virada do século.

De personalidade impressionante, Helmholtz foi, por volta de 1885, o líder incontestado da ciência alemã. Serviu como mentor para vários estudantes que se tornaram, mais tarde, físicos importantes. O que lhe faltava de calor humano e de senso de humor era compensado por sua integridade pessoal, pelo interesse genuíno pelos estudantes e por algum carisma.

Max Planck, que desenvolveu a base para a teoria quântica, descreveu seu próprio caso de admiração paternal total: “Quando, durante uma conversa, [Helmholtz] me olhava com aqueles olhos calmos, inquisidores, penetrantes e tão bondosos, eu ficava dominado por um sentimento de confiança e de devoção filial sem limites...” E tudo isso apesar de Helmholtz não ter sido um bom expositor. Planck também descreveu como “era óbvio que Helmholtz nunca preparava devidamente suas apresentações. Falava aos arrancos e interrompia o que estava dizendo... e, sem dúvida, tínhamos a impressão de que a classe o entediava tanto quanto ele provocava o mesmo tédio em nós”.

A primeira mulher de Helmholtz foi Olga von Velten e tiveram dois filhos antes da morte dela em 1859. Dois anos mais tarde, casou-se com Anna von Mohl, muito mais jovem, com quem teve mais três filhos. Em 1883, Helmholtz foi admitido na nobreza hereditária. No final da vida, sofria de dores de cabeça, causadas por enxaqueca, e de períodos de depressão.

Helmholtz morreu depois de um derrame, em 8 de setembro de 1894. Foi, escreveu R. Stevens Turner, “o último sábio cujo trabalho, seguindo a tradição de Leibniz, abraçava todas as ciências, bem como a filosofia e as artes clássicas”.



Paul Ehrlich & a Quimioterapia

(1854 – 1915)

LOUIS PASTEUR [5] e ROBERT KOCH [44] desenvolveram a teoria da doença causada pelos germes, e Paul Ehrlich é o responsável pela generalização de que a doença é, essencialmente, química. A ele se deve, por consequência, o advento da quimioterapia, um termo criado por ele próprio. Durante milhares de anos, os doentes haviam sido tratados com ervas e com todos os tipos de misturas; agora, a revolução industrial levava a novos métodos para examinar todos os produtos naturais. Ehrlich se beneficiou das avançadas indústrias químicas e de corantes que existiam na Alemanha no final do século XIX. Seu trabalho inicial, sobre as técnicas de colorir as células,

trouxe novas maneiras de analisá-las e a ação dos micróbios dentro delas. Sugeriu e procurou pelas “balas mágicas” — compostos que poderiam ser destinados a tratar de doenças específicas. Em 1910, o anúncio feito por Ehrlich de uma cura para a sífilis, utilizando uma substância com arsênico, o Salvarsan, foi a culminação, apesar de controversa, de uma carreira brilhante.

Filho de Ismar Ehrlich, dono de estalagem e bem de vida, e de Rosa Weigert, Paul Ehrlich nasceu em 14 de março de 1854, em Strehlen, na Alta Silésia, que na época fazia parte da Alemanha, mas atualmente pertence à Polônia. Seus pais eram provenientes de famílias com alguma ligação com a ciência, e Ehrlich foi influenciado, no início de sua vida, por seu primo Carl Weigert, um químico que descobriu as novas técnicas de colorir adequadas à microscopia. Em 1872, Ehrlich entrou para a Universidade de Breslau, mas cursou várias instituições antes de receber, em 1878, seu diploma de médico pela Universidade de Leipzig. Sua carreira universitária foi excepcional, e a tese de doutorado, sobre como colorir os tecidos, uma forte indicação do que seria seu futuro. Logo depois de ser diplomado, Ehrlich foi nomeado para o Hospital Charité, em Berlim, onde imediatamente se viu nomeado médico-chefe, dispensado dos turnos clínicos e tendo permissão para iniciar sua própria pesquisa.

Possuidor de um conhecimento detalhado de química, Ehrlich combinava uma singular capacidade para delinear os pontos básicos da teoria com uma habilidade excepcional de conceber e manipular mentalmente as composições tridimensionais das estruturas moleculares. Nos anos iniciais como pesquisador, Ehrlich preparou o campo para a hematologia moderna e para o estudo da leucemia, desenvolvendo as técnicas de colorir que permitiam distinguir os vários tipos de células brancas do sangue.³⁵ Ele também aplicou às bactérias os métodos de colorir os tecidos. Em 1882, Ehrlich introduziu um método de diagnosticar a febre tifóide e, depois de saber do anúncio de Robert Koch sobre o isolamento da bactéria da tuberculose, providenciou um método de colorir que permitia seu

³⁵ As células brancas do sangue, os leucócitos, foram descobertas como sendo alimentadas de bactérias, em 1884, pelo russo Ilya Mechnikov, com quem, em 1908, Ehrlich dividiu o Prêmio Nobel de Medicina.

diagnóstico. Em 1885, descobriu a barreira cerebral para o sangue, um sistema de filtração que mantinha em equilíbrio a química do cérebro; e este fato teve grandes consequências para a pesquisa farmacológica posterior.

O livro de Ehrlich, *Das Sauerstoffbedürfnis des Organismus* (*A Necessidade de Oxigênio do Organismo*), publicado em 1885, fornecia uma teoria geral da função da célula. Aventava a hipótese de que o núcleo da célula era responsável por sua função específica no organismo e, portanto, estava imerso em complexos moleculares que serviam a seu propósito. Essa formulação, chamada de Teoria da Cadeia Lateral, apesar de ter sido mais tarde muito modificada, permitiu a Ehrlich apresentar a hipótese de que a função da célula era essencialmente química. Ehrlich continuou a desenvolver essa teoria e, na virada do século, aplicou-a à imunologia. Os anticorpos são produzidos na presença de toxinas, teorizava, como uma reação química natural. Eles se ligam e decompõem as toxinas na corrente sanguínea de acordo com as regras comuns da composição química. Esse resultado teórico permitiu a Ehrlich começar a fase culminante de seu trabalho — o desenvolvimento dos compostos específicos para o tratamento de cada doença em particular.

Um interregno na carreira de Ehrlich aconteceu em 1888, quando foi infectado pela tuberculose e teve de se mudar para o clima quente e seco do Egito a fim de se curar. Com a volta a Berlim, 18 meses depois, juntou-se a Robert Koch no novo Instituto de Doenças Infecciosas, aberto por este. Com Koch e com Emil von Behring, que havia no ano anterior identificado uma cura potencial para a difteria, Ehrlich descobriu meios para derivar a antitoxina, a partir do sangue de cavalos, e fazendo que fosse eficiente nas veias humanas. Essencialmente o mesmo método é usado nos dias de hoje.

Em 1906, uma rica viúva, intrigada por seu trabalho, deu a Ehrlich capital para a construção de um laboratório e ele tornou-se o chefe do George Speyer-Haus para a quimioterapia. Lá, permaneceu durante o restante de sua vida de trabalho, dirigindo um esforço de pesquisa, na qual a meta era encontrar o que ele chamava de “as balas enfeitiçadas, que atingem somente os objetos para cuja destruição elas foram produzidas”. O trabalho inicial para a cura da tripanossomíase ou a doença africana do sono levou Ehrlich a

combinar a substância de um corante, a benzopurpurina, com um derivado do ácido sulfúrico. O resultado, o vermelho de tripano, podia ser demonstrado como sendo eficiente em ratos. Apesar de não haver sido bem-sucedido em outros animais — ainda não existe cura para essa doença —, Ehrlich ficou encorajado e testou o potencial quimioterapêutico de um grande número de compostos.

Depois de testar mais de seiscentos compostos, Ehrlich anunciou a descoberta do Salvarsan, em 1910. Ou, como observou o Dr. Galdston, anos atrás, “coroou seus trabalhos com a descoberta do Salvarsan. Aqui, o sonho da juventude foi realizado, e a quimioterapia foi estabelecida como uma realidade que dava frutos”. Era derivado do arsênico, que atacava o espiroqueta da sífilis, e sua aplicação não estava livre de efeitos colaterais. Contudo, o Salvarsan foi um grande avanço sobre o mercúrio, que era ainda mais venenoso. Permaneceu como o único tratamento sério para a doença até o advento da penicilina na década de 1940. Mesmo assim, Ehrlich sofreu ataques pessoais pelo desenvolvimento de uma cura para a sífilis; muitos pensavam que as vítimas de uma doença sexualmente transmissível deviam sofrer a fúria divina por sua imoralidade.

Conhecido como bondoso e modesto, esquecido e distraído, Ehrlich fumava 25 grossos charutos por dia, freqüentemente se esquecia de comer e era venerado por seus colegas mais jovens. Em 1914, um visitante relatou, na revista *Nature*, que Ehrlich foi encontrado em seu laboratório, onde “as cadeiras e as mesas estavam cobertas por livros, folhetos, memorandos, frascos e tubos de ensaio de todas as formas possíveis e por caixas de charutos, nas quais havia charutos importados ou tubos de ensaio cheios de preparações químicas”. Um homem alegre e de bom relacionamento, tanto quanto alguém poderia ser, em se acreditando nas memórias hagiográficas sobre ele, Ehrlich casou-se em 1883 e foi feliz com Hedwig Pinkus, com quem teve duas filhas, Stephanie e Marianne.

Além de receber o Prêmio Nobel, Ehrlich teve muitas honrarias durante sua vida. Ganhou a Grande Medalha de Ouro da Prússia e o título de Excelência, em 1911, do governo alemão, e a rua em frente a seu instituto se chamava Paul Ehrlichstrasse. Esta honraria foi suprimida durante a época nazista, quando a viúva e as filhas de

Ehrlich foram forçadas a fugir da Alemanha. Depois, foi restaurada, e Frankfurt é o lar do Instituto Paul Ehrlich.

Incomodado pelo começo da Primeira Guerra Mundial e ainda sob ataque da imprensa, que o acusava de testar o Salvarsan em prostitutas contra suas vontades, Ehrlich sofreu um derrame leve em dezembro de 1914. “Ele resistia a morrer”, escreveu o Dr. Galdston, “pois, como ele o colocava, havia muito em sua cabeça que poderia vir a ser útil para a humanidade”. Porém, em 20 de agosto de 1915, um segundo acidente cerebral terminou com sua vida, quando passava férias em Bad Homburg.



Ernst Mayr & a Teoria da Evolução

(1904 –)

Logo depois que CHARLES DARWIN [4] publicou *A Origem das Espécies*, em 1859, sua idéia de evolução foi largamente admirada, devido à capacidade de explicar os fatos. Entretanto, ser essa idéia, aliada à *seleção natural*, o mecanismo de formação das espécies foi muito debatido, como também o foi a idéia da descendência comum. Mudariam as espécies lentamente com o tempo, acumulando pequenas variações, ou a evolução era mais repentina? Em resumo, o darwinismo não possuía dados suficientes para fornecer uma teoria sobre como se desenvolvem as espécies. Na virada do século XX, na verdade, o darwinismo sofreu um eclipse histórico parcial, do

qual não emergiu completamente por várias décadas. O personagem principal de sua renascença, e um dos arquitetos do que é muitas vezes chamada de síntese moderna, foi Ernst Mayr.

Mayr, que era ornitologista, taxólogo e biólogo, combina, do mesmo modo que Darwin, a característica sem paralelo de pegar os detalhes com uma mente fértil para formar teorias. Mayr é, como escreveu John C. Greene, “um dos fundadores do neodarwinismo moderno e recolocou a seleção natural numa posição central na teoria da evolução”. Em 1984, quando sua carreira já se havia estendido por mais de meio século, foi descrito por Stephen Jay Gould como “nosso maior biólogo evolucionário vivo”.

Nascido em Kempten, na Alemanha, em 5 de julho de 1904, Ernst Walter Mayr — “fui muito cuidadoso na seleção de meus ancestrais”, declarou de uma feita — era filho de Otto Mayr, juiz, e de Helene Pusinelli Mayr. Tendo recebido uma ampla e clássica educação, cedo desenvolveu um forte interesse pela ornitologia. Um dia, em 1923, ele percebeu um pato-de-crista (*pochard*) com crista vermelha, uma espécie de pato mergulhador, cuja presença não era observada na Europa há mais de 65 anos. Essa descoberta provocou seu contato com o grande ornitologista alemão Erwin Stresemann, que encorajou o prosseguimento dos interesses aviários de Mayr. De fato, enquanto Mayr cursava a Universidade de Greifswald, Stresemann o estimulou a trabalhar no Museu Zoológico da Universidade de Berlim. Mayr logo abandonou seus planos de uma carreira em medicina em favor da zoologia. Recebeu o doutorado, *summa cum laude*, em zoologia, pela Universidade de Berlim, em 1926.

De 1926 até 1932, Mayr trabalhou como curador do museu zoológico da Universidade de Berlim. Em 1927, Lorde Walter Rothschild solicitou que dirigisse uma expedição ornitológica à Nova Guiné Holandesa. Esse trabalho representava a realização de uma ambição que guardava há muito tempo e, durante os anos seguintes, Mayr fez três viagens para a Nova Guiné e para as ilhas Salomão, colecionando um rico material sobre a fauna dos pássaros das montanhas Arfak, Wandammen e Cyclopop. A terceira expedição de Mayr foi bancada pelo Museu Americano de História Natural, de Nova York, do qual se tornou curador assistente em 1932. Durante a década de 1930, Mayr dedicou-se à taxonomia e,

particularmente, à classificação dos pássaros que havia observado e colecionado nos mares do sul.

Mayr desenvolveu muitas provas com as quais pôde formular uma nova definição das espécies, que seriam depois fundamentadas na composição genética. Na época em que iniciou sua carreira, uma escola “nominalista” acreditava que as “espécies” eram basicamente uma classificação conveniente de animais, baseada em aparência ou formato. Mas a realidade do conceito de espécies foi forçosamente percebida por Mayr quando ainda se encontrava na Nova Guiné. Como mais tarde explicou, “colecionei 137 espécies de pássaros. Os nativos tinham 136 nomes para esses pássaros — eles confundiam somente dois deles”.

Num artigo datado de 1940, Mayr propôs que as espécies fossem definidas como “grupos de populações naturais que, real ou potencialmente, se inter cruzam e que são isoladas de outros grupos do ponto de vista da reprodução”. Apesar de a idéia da separação das espécies por meios geográficos já ter sido formulada no século XIX, ficou latente até ser revivida por Mayr. Suas descrições, cuidadosamente organizadas, juntamente com as hipóteses sobre as espécies, foram publicadas em 1941 com o nome de *Lista de Pássaros da Nova Guiné*, tendo o livro *A Sistematização e a Origem das Espécies* surgido em 1942.

Ao colecionar abundantes provas para dar suporte ao conceito de espécies, Mayr também forneceu o cenário básico de como as novas espécies se formam. As novas espécies, argumentou Mayr, são geradas quando alguma subpopulação se torna, por alguma razão, fisicamente isolada de sua população paterna. Essa “população fundadora” tem um conjunto limitado de genes que, com o passar do tempo, adquirem hábitos alimentares e estruturas características. O resultado é uma nova espécie. Com o conceito de Mayr, não era mais necessário imaginar a possibilidade de que mutações ao acaso criariam “monstros esperançosos”.

Em seguida, Mayr distinguiu a especiação geográfica, ou “alopátrica”, na qual a população fundadora é fisicamente separada do grupo principal, da “especiação peripátrica”, e na qual uma pequena população (ou até uma simples fêmea) se perde, por acaso, para além de seus limites naturais. Mayr descreveu a especiação peripátrica,

que ele considerava como sua teoria de maior sucesso, no seu livro *As Espécies Animais e a Evolução*, publicado em 1963.

Nas três décadas que se seguiram à Segunda Guerra Mundial, a contribuição de Mayr para a emergente síntese moderna da biologia evolucionária veio a ser largamente aceita, o que se refletiu em sua ascensão para as posições de poder acadêmico. Em 1944, Mayr serviu como curador da Whitney-Rothschild Collection, no Museu Americano de História Natural; mudou-se para a Universidade de Harvard em 1953, onde se tornou professor da cátedra de Alexander Agassiz de zoologia, que manteve até sua aposentadoria, em 1975. Em 1961 também passou a ser diretor do Museu de Harvard de Zoologia Comparativa, posto mantido até 1970.

Um polemista agressivo, Mayr tornou-se um personagem discutido na biologia americana, e seu papel tem sido comparado ao de Thomas Huxley, que deu suporte, no século XIX, à evolução, tendo sido muitas vezes chamado de “buldogue de Darwin”. Mayr argumentou em favor dos múltiplos aspectos da evolução, longa e cuidadosamente, e seu desenvolvimento histórico passou a ser importante para Mayr no final de sua carreira, o que pode ser exemplificado por seu abrangente livro *O Crescimento do Pensamento Biológico*, publicado em 1982. Junto com THEODOSIUS DOBZHANSKY [67] e GEORGE GAYLORD SIMPSON [78] também foi nomeado porta-voz da “síntese moderna” na biologia contemporânea, escrevendo trabalhos como *Uma Longa Discussão*. Mayr insiste na integridade da biologia e no respeito pelo consenso científico com relação à prova básica da evolução — que, apesar das discordâncias, os vários pontos de vista legítimos divergentes “não duvidam de nenhuma das teses básicas da teoria sintética; eles simplesmente têm respostas diferentes para alguns dos caminhos da evolução”.

Primariamente interessado em conceitos, Mayr encara a biologia como uma ciência autônoma, com um ponto de vista específico, e insiste em sua preocupação com a história natural e com o desenvolvimento das espécies. Não lhe causam boa impressão os argumentos matemáticos sobre a genética populacional e, ao aceitar a “natureza estritamente físico-química de todos os processos, nos níveis chamados de celular e molecular”, rejeita o reducionismo implícito em grande parte da biologia molecular. A atitude icono-

clasta de Mayr com relação à física merece ser mencionada. De uma feita, quando lembrado da hipótese de Francis Crick, de que a vida poderia ter chegado à Terra, proveniente do espaço exterior, ele ironizou: “Ah, Francis Crick é um físico e pensa como um físico. Ele não sabe quase nada sobre a biologia dos organismos superiores. Esqueça isso! É sempre um físico que aparece com essas teorias totalmente tolas sobre a biologia.”

Mayr tem pontos de vista pessimistas, quando ampliados para examinar a vida social e política, e suas reflexões são em parte as de um europeu culto e transplantado. Confessa ficar estarelecido pelo que descobriu na cultura americana: “A maioria das pessoas é incrivelmente ignorante. Morei nos subúrbios de Nova York e, na maioria das casas de meus vizinhos, não se conseguia encontrar nem um único livro. É chocante, mas não há nada que possa ser feito, exceto tentar melhorar nossas escolas.” E caracterizou a educação primária americana como “absolutamente horrível”.

Autor prolífico, com mais de 650 artigos e 20 livros importantes, Ernst Mayr recebeu muitas honrarias, como a Medalha Sarton, conferida por sua contribuição à história da ciência, e a Medalha Nacional da Ciência. Sua mulher, com 55 anos, Margarete Simon, morreu em 1990, mas John Rennie, ao visitar Mayr, em seu 90º aniversário, encontrou um “personagem bem-vestido, com cabelos grisalhos, caminhando sem o apoio de uma bengala. Sua vitalidade diminui sua aparência em, pelo menos, uma década”. Na verdade, ele falou a Rennie, dois dias antes de ter notado que o piso da cozinha estava sujo: “Então, eu peguei um balde e o lavei.”



Charles Sherrington & a Neurofisiologia

(1857 – 1952)

No final do século XIX, Charles Sherrington explicou como funciona, em termos básicos, o sistema neuromuscular. Durante a Renascença, Leonardo da Vinci havia observado o movimento dos sapos quando suas cabeças eram cortadas, e mais de 100 anos depois René Descartes ofereceu uma definição, de base mecânica, para a ação reflexa dos animais. ALBRECHT VON HALLER [42] mostrou que as fibras nervosas do corpo chegam à medula espinhal e ao cérebro. Mas, durante a maior parte do século XIX e mesmo depois que os anatomistas mapearam partes do sistema nervoso, este era considerado como uma “rede protoplásmica” difusa. A explicação de

Sherrington, de como um sistema de células nervosas pode controlar milhares de atos e eventos singelos no corpo humano, foi uma realização muito importante e a culminação de 400 anos de observações.

Charles Scott Sherrington nasceu em 27 de novembro de 1857, em Islington, um subúrbio de Londres. Seu pai, James Norton Sherrington, era médico e morreu durante a infância de Charles. Sua mãe, Anne Brookes Sherrington, voltou a casar, agora com Caleb Rose, que, além de médico, era um cavalheiro com ótimo nível de conhecimentos, educado nos clássicos e interessado em geologia e em arqueologia. Rose exerceu uma forte influência sobre Sherrington, tanto na decisão de estudar medicina, quanto na ampliação dos limites de seu intelecto. Apesar de interessado em arte e filosofia, Sherrington cursou o Colégio Real de Cirurgiões e recebeu em 1884 seu diploma em medicina pelo Gonville and Caius College de Cambridge. Sherrington era ainda estudante quando seu primeiro artigo foi lido para a Real Sociedade: um estudo anatômico de um cão, cuja parte frontal do cérebro havia sido removida por F. L. Goltz alguns anos antes, aparentemente com poucas consequências.

No início da carreira, entretanto, Sherrington não estava comprometido com a neurologia. Em 1885, ele e outros médicos viajaram à Espanha para investigar uma epidemia de cólera e, com considerável perigo pessoal, fizeram várias autópsias das vítimas. Depois disso, encontrou RUDOLF VIRCHOW [17] em Berlim e fez um curso de seis semanas com ROBERT KOCH [44]. Durante um certo período, pensou em se dedicar à bacteriologia, mas, quando voltou para a Inglaterra, Sherrington começou a se distanciar da patologia. Chegou a receber a influência do famoso fisiologista W. H. Gaskell, optando por trabalhar com os problemas da medula espinhal e com as ações por reflexo. Em 1887 foi nomeado professor de fisiologia sistêmica no St. Thomas Hospital e eleito associado em Cambridge.

Quando Sherrington começou o trabalho, relativamente pouco se conhecia sobre o sistema nervoso, e a teoria da célula como a unidade básica da vida, estabelecida por Virchow, só fora proposta a menos de uma geração. Era sabido que os nervos tinham propriedades elétricas e que algumas partes da medula espinhal haviam sido

seccionadas e mapeadas. Inicialmente, Sherrington continuou sua pesquisa nessa direção e em 1891 publicou o artigo *Notas sobre o Reflexo do Joelho*. Em 1894 reconheceu a diferença fundamental entre os nervos motores, que enviam instruções para os músculos e para os proprioceptores (um termo batizado por ele mesmo), que transmitem informações na direção oposta. Como resultado, começou a aparecer um cenário no qual o sistema nervoso central executa um papel integrativo na coordenação e na operação do sistema muscular.

Piscar, caminhar, respirar, bem como uma variedade de outras ações, têm uma explicação geral em comum que foi fornecida por Sherrington. Quando o joelho sofre uma pancada rápida, por exemplo, a perna se estende involuntariamente e se retrai imediatamente. Certos músculos se contraem para forçar a perna a se estender, enquanto outros se relaxam. Sherrington desenvolveu os conceitos de inervação e inibição para descrever esse processo que envolve uma conexão recíproca entre os dois conjuntos de músculos. Muitos outros relacionamentos do mesmo tipo foram descobertos em todo o sistema nervoso, e Sherrington formulou a generalização da seguinte forma: “Toda a gradação quantitativa das funções da medula espinhal e do cérebro parece se basear na interação mútua entre os dois processos centrais, a excitação e a inibição, sendo um não menos importante do que o outro.”

A explicação completa do que é algumas vezes chamado de “sistema vegetativo” de controle neuromuscular involuntário não foi, por certo, feita somente por Sherrington, mas ele é quem integrou ao crescente volume de conhecimento neurológico conceitos importantes e descobertas feitas por outros. Notavelmente, incorporou a percepção de que o sistema nervoso não é constituído de fibras, mas de células, o que havia sido enunciado pelo neuro-anatomista espanhol Santiago Ramón y Cajal. Ao reconhecer a interface entre a noção de Cajal da célula nervosa e seu próprio trabalho sobre os reflexos, Sherrington, em 1897, sugeriu o termo *sinapse* para descrever a transmissão do impulso de um desses neurônios para o seguinte, criando um caminho evanescente, mas seguro. A idéia da sinapse terminou com a teoria “reticular” de que

as fibras nervosas formavam uma rede protoplásmica difusa por todo o corpo.

Quando da publicação do livro *A Ação Integrante do Sistema Nervoso* em 1906, Sherrington foi comparado a ISAAC NEWTON [1] e a WILLIAM HARVEY [38]. O livro imediatamente se tornou um padrão e ainda continua a ser um texto clássico de neurofisiologia. Em 1913, Sherrington foi nomeado professor *Wayneflete* de fisiologia, em Oxford, mas a Primeira Guerra Mundial logo interrompeu suas pesquisas. Durante a guerra, Sherrington, já então na década dos 50 anos, fez para o British War Office trabalho não especializado nas fábricas para poder estudar o problema do cansaço. Depois da guerra, continuou seu trabalho em neurologia e foi presidente da Real Sociedade de 1920 a 1925. Em Oxford, Sherrington adquiriu fama internacional, e sua influência espalhou-se pelo mundo afora por intermédio de seus alunos. Seu livro *Atividade Reflexa da Medula Espinhal* foi publicado em 1932, no mesmo ano em que ganhou o Prêmio Nobel de Medicina/Fisiologia, compartilhado com Edgar D. Adrian.

O trabalho de Sherrington sobre o sistema nervoso central estendeu-se até o cérebro. Publicou um mapeamento do córtex motor do cérebro primata, o que encorajou pesquisas adicionais. Além disso, emitiu e usou conceitos evolucionários na neurofisiologia e na neurologia, mostrando que os centros mais altos do sistema nervoso central têm um efeito inibidor sobre os mais baixos. Entretanto, no livro *O Cérebro e seus Mecanismos*, de 1933, sustentou: "Temos de levar em conta que a razão direta entre a mente e o cérebro não está simplesmente sem solução, mas, na verdade, não existe uma base para que possa até ser iniciada." Pela aceitação e por suas reflexões sobre o dualismo mente/corpo, Sherrington era, muitas vezes, chamado de "o filósofo do sistema nervoso". Mas deve ser mencionado que, apesar dos avanços que vêm sendo feitos e apesar de uma variedade de teorias propostas, ainda não existe uma explicação satisfatória para a função cerebral.

Sherrington também escreveu para audiências não especializadas. Publicou em 1940 seu extenso livro, bastante lido, *O Homem e sua Natureza*, esposando o que foi chamado de uma espécie de "panteísmo evolucionário". Também escreveu uma biografia do

fisiologista francês Jean Ferel, um livro sobre Goethe e um volume de poesias: *A Avaliação de Brabantio*.

Além de seus afazeres literários, Sherrington era bibliófilo (coleccionava incunábulos — livros impressos até o ano de 1500) e aficionado da arte. Também adorava música e drama. Tinha afeição especial pela língua e pela cultura francesa e com sua mulher freqüentemente visitava a França. Sherrington casou-se com Ethel Mary Wright em 1891, e seu único filho, Carr E. R. Sherrington, tornou-se conhecido economista. O lado sensível de Sherrington causou o seguinte comentário de seu biógrafo Ragnar Granit: “A amplitude do registro emocional de um Sherrington, de um Ramón e Cajal ou de um Pascal é uma das características mais difíceis de reconciliar com o que se conhece sobre seus trabalhos, como grandes experimentadores ou pensadores precisos em termos totalmente destituídos de emoção.”

Charles Sherrington morreu com 95 anos, após um ataque do coração, em 4 de março de 1952, em Eastbourne, em Sussex.



Theodosius Dobzhansky & a Síntese Moderna

(1900 – 1975)

Em 1937, Theodosius Dobzhansky publicou seu excepcional e influente trabalho *A Genética e a Origem das Espécies*, um livro obrigatório, no qual tanto a teoria cromossômica da hereditariedade quanto a genética das populações estão integradas na teoria da seleção natural de CHARLES DARWIN [4]. Essa foi a primeira afirmação da “síntese moderna”, que, juntamente com os trabalhos de ERNST MAYR [65] e de GEORGE GAYLORD SIMPSON [78], levaram ao forte neodarwinismo que conhecemos atualmente. Naturalista, geneticista e biólogo evolucionário, Dobzhansky durante uma longa carreira escreveu extensivamente sobre os temas mais abrangentes do pensamento biológico. “As contribuições mais importantes para

a moderna teoria biológica da evolução”, diz Ernest Boesiger sem rodeios, “foram feitas por Dobzhansky.”

Nascido em 25 de janeiro de 1900, em Nemirov, na Rússia, Theodore Dobzhansky era filho de Grigory Karlovich Dobzhansky, instrutor de matemática de descendência polonesa, e de Sophia Vasilievna Voinarsky, cuja família incluía tanto padres russo-ortodoxos quanto o escritor Fyodor Dostoyevsky. Dobzhansky mudou-se para Kiev, depois que seu pai sofreu um acidente, e começou a cursar o ginásio em 1910. Ainda jovem, tornou-se um colecionador ávido, primeiramente de borboletas, depois de besouros e finalmente de joaninhas. Com a deflagração da Primeira Guerra Mundial, Dobzhansky quase não escapa de ser convocado. Durante a Revolução Russa, cursou a Universidade de Kiev e passava o tempo na sociedade entomológica local, colecionando dezenas de milhares de insetos. Enquanto a guerra civil acontecia, sobreviveu a uma sucessão confusa de governos, tanto dos russos brancos quanto dos soviéticos, que trouxeram incertezas e sofrimento, mas também oportunidades profissionais. Depois de se formar pela Universidade de Kiev em 1921, Dobzhansky foi nomeado professor de biologia e fez trabalhos práticos para os soviéticos revolucionários, investigando em 1922 as doenças da beterraba, planta destinada à produção de açúcar.

No início da década de 1920, Dobzhansky soube, e se entusiasmou, com a confirmação, feita por THOMAS HUNT MORGAN [62], da hereditariedade mendeliana na mosca comum de fruta, a *Drosophila*. Logo foi de Kiev para a Universidade de Petrogrado (após, renomeada de Leningrado), onde começou a fazer suas próprias experiências com esses insetos. Seus primeiros estudos, entretanto, não foram na área da genética propriamente dita, mas esforços dirigidos para entender as mutações por via da morfologia ou pela constituição física da *Drosophila*. Como assistente no Laboratório de Genética e de Zoologia Experimental, Dobzhansky trabalhou sob a chefia de Iuril Filipchenko, um dos zoologistas russos de grande influência. Interessado na genética mendeliana, por volta da metade da década de 1920, Filipchenko havia formulado a diferença entre a *microevolução*, que aparece ao nível do indivíduo, e a *macroevolução*, que acontece com populações inteiras. Esses conceitos hie-

rárquicos tornaram-se importantes para Dobzhansky em seu trabalho posterior.

A carreira de Dobzhansky mudou em 1927, quando, com o apoio de Filipchenko, viajou aos Estados Unidos com uma bolsa para trabalhar no laboratório de Morgan, na Universidade de Colúmbia. Filipchenko, que caiu em desgraça durante o Thermidor russo, morreu em 1930, e a situação política logo impediu a volta de Dobzhansky. Antes de morrer, Filipchenko escreveu para Dobzhansky, encorajando-o a que permanecesse com Morgan o quanto pudesse para melhor se tornar um “esplêndido morganóide”. Na verdade, na empoeirada sala das moscas, em Colúmbia, Dobzhansky obteve a confiança de Morgan e, em 1928, foi convidado a se mudar com ele para o Instituto de Tecnologia da Califórnia. Dobzhansky ficaria nos Estados Unidos pelo restante de sua carreira.

Enquanto Dobzhansky aprendia as técnicas de análise cromossômica, das quais Morgan era o pioneiro, como naturalista bem treinado manteve seus interesses nos temas maiores da teoria evolucionária. “Meu interesse em genética veio de meu interesse na evolução [que] era filosófica”, disse Dobzhansky mais tarde, apesar de esse interesse ser contrário ao foco de Morgan e de seus associados. Dobzhansky fez contribuições significativas para a pesquisa sobre a *Drosophila*, com trabalhos em mapas cromossômicos e com análises das variações sutis entre as diferentes populações de insetos. Por volta de 1935, havia formulado como as espécies desenvolvem “mecanismos de isolamento”, de modo a preservar sua integridade. De maneira mais genérica, tinha construído uma ponte intelectual entre o laboratório de Morgan e o mundo dos naturalistas. Em 1936 Dobzhansky começou a publicar uma série de importantes artigos: *A Genética das Populações Naturais* — que continuaram durante os 40 anos seguintes. Muito de sua pesquisa, que veio a ter influência, foi feito com um gênero específico da mosca de fruta, a *Drosophila pseudo-obscura*.

Os interesses filosóficos e experimentais de Dobzhansky se combinaram durante este período, enquanto ele monitorava um importante movimento na direção de análises quantitativas. Em 1918, Ronald Fischer havia sugerido que a estatística poderia fornecer um

método para entender como os genes se comportam nas populações completas; em 1930, publicou o livro *A Teoria Genética da Seleção Natural*. Dois anos mais tarde, J. B. S. Haldane publicou *As Causas da Evolução* que mostrava não só que a seleção natural poderia dirigir a evolução durante muitas gerações, mas também que a dependência das mutações, amplas e freqüentes, não era necessária. Essas análises, basicamente matemáticas, tornaram-se para Dobzhansky os instrumentos de uma nova síntese. Elas davam o suporte para a idéia de que pequenas mudanças ao nível individual podem, se favorecidas pela seleção natural, gerar tremendas modificações nas espécies como um todo e num período relativamente curto.

Em 1936, Dobzhansky fez uma série de conferências, publicadas no ano seguinte sob o título de *A Genética e a Origem das Espécies*, em que pôde apresentar “uma história concatenada” das premissas básicas da Teoria da Evolução. Dobzhansky fornece uma estrutura hierárquica com base estatística. Entende que as mutações e as mudanças cromossômicas são o “primeiro estágio ou nível do processo evolucionário, governado inteiramente pelas leis da fisiologia dos indivíduos”. As mutações genéticas, neste nível, podem florescer ou se perder ao acaso. Num segundo nível, entretanto, “a influência da seleção, da migração e do isolamento geográfico, então, molda a estrutura genética da população com novas formas, em conformidade com o ambiente secular e com a ecologia e, especialmente, com os hábitos reprodutivos das espécies”. Assim, a seleção natural atua sobre espécies inteiras, enquanto o ambiente produz “mudanças históricas na população viva”. Finalmente, Dobzhansky aponta para um terceiro nível, onde se desenvolvem os mecanismos de preservação das espécies distintas umas das outras — seja por isolamento geográfico, isolamento sexual ou esterilidade híbrida.³⁶

Um dos resultados mais significativos dessa formulação teórica foi permitir a Dobzhansky descrever como as experiências sobre

³⁶ A mula é um exemplo bem conhecido de esterilidade híbrida. Uma mula macha, nascida de um burro macho e de uma “égua, é, geralmente, estéril. Do mesmo modo que muitos híbridos, a mula vive mais do que qualquer de seus progenitores e trabalhará para você por vinte anos”, como disse uma vez William Faulkner, “pelo prazer de poder lhe dar somente um coice”.

populações inteiras podiam ser conduzidas na natureza, baseado em previsões matemáticas. O livro *A Genética e a Origem das Espécies* “sinaliza com muita clareza algo que só pode ser chamado de movimento de volta para a Natureza”, como escreveu Leslie C. Dunn, na época. “Os métodos aprendidos no laboratório são, agora, suficientemente bons para serem testados no campo e aplicados naquele laboratório final da biologia, que é a própria natureza livre.” A partir daí, com relação entre a genética e a seleção natural entendida, Dobzhansky pôde fazer sua formulação clássica: “Nada na biologia faz sentido, a não ser à luz da evolução.”

Quando o trabalho de Dobzhansky se integrou com o de Ernst Mayr, sobre a ornitologia, e com o de George Gaylord Simpson, sobre a paleontologia, o neodarwinismo resultante deu origem ao que é algumas vezes chamado de “uma longa discussão” para poder entender os fenômenos biológicos desde o macroscópico até o nível molecular. E a síntese moderna permanece essencialmente válida no presente. Teve o efeito prático de reconciliar o mundo dos naturalistas e dos taxonomistas com o dos geneticistas. “Pela primeira vez”, escreveu EDWARD O. WILSON [83], “novos dados de campo e de laboratório definiram as diferenças entre as espécies e as raças com precisão, esclarecendo a natureza da variação no interior das populações em termos de cromossomos e de genes, bem como os passos da microevolução.”

Em 1940, Dobzhansky mudou-se da Caltech para a Universidade de Colúmbia, e de 1962 até 1970 esteve associado à Universidade Rockefeller. Continuou seu trabalho em genética técnica até o final da carreira. Dobzhansky gostava do trabalho de campo e durante a década de 1940 fez visitas extensas ao vale amazônico, ao Brasil, ao Peru, à Argentina, ao Equador e à Colômbia. Também traduziu (e, com isso, disseminou) os trabalhos de TROFIM LYSENKO [93], para os espantados biólogos do Ocidente. Porém, algumas das contribuições mais significativas de Dobzhansky, depois do livro *A Genética e a Origem das Espécies*, e que lhe deram considerável prestígio foram suas apreciações para uma audiência genérica sobre os problemas mais amplos da biologia evolucionária e seu impacto na sociedade. Isso foi uma mudança marcante e começou no final da Segunda Guerra Mundial.

Em 1946, o livro de Dobzhansky, *A Hereditariedade, a Raça e a Sociedade*, escrito em conjunto com Leslie C. Dunn, expôs o racismo como falso, transformando-se num *best-seller*. Seu livro *A Humanidade em Evolução* (1962) examinou vários aspectos da evolução humana e investigou a influência da genética na cultura. O ponto de vista universal de Dobzhansky, expresso nesse livro, encontrou um lugar para que o pensamento biológico se combinasse à psicanálise, à arte, à estética e à linguagem. Em 1973, seu livro *A Diversidade Genética e a Igualdade Humana* foi também dirigido a uma audiência ampla. O pensamento de Dobzhansky incluía tanto as perspectivas hereditárias, quanto as culturais. Na época em que escreveu, antes dos mais recentes e acirrados debates referentes à natureza *versus* a nutrição, ele representava um ponto de vista basicamente ambiental, proveniente dos postos mais avançados da biologia. Politicamente um liberal orgulhoso, Dobzhansky valorizava o indivíduo; estava convencido tanto do significado da herança genética quanto das influências determinantes do ambiente e da cultura.

Diferentemente de Mayr ou de Simpson, os outros arquitetos principais da síntese moderna, Dobzhansky teve uma crença em Deus que durou toda sua vida. Pertencia à Igreja Ortodoxa Oriental e, no final da vida, quando sofria de câncer, rezava todos os dias. Acreditava que a religião devia se adaptar ao progresso científico e, de acordo com Costas B. Krimbas, “se visualizava como ajudando a evolução do pensamento religioso, num mundo em evolução científica”. Sua crença de que o universo é antropocêntrico, em contrário à maioria do pensamento científico do século XX, é o tema do livro *A Biologia da Preocupação Final*, publicado em 1967. “O homem, esse produto misterioso da evolução do mundo”, escreveu, “poderá ser também seu protagonista e, eventualmente, o seu piloto.”

Em 1924 casou-se com Natalia Petrovna Sivertseva, também bióloga, e tiveram uma filha, Sophia Dobzhansky Coe, que se tornou antropologista.

Theodosius Dobzhansky foi coberto de homenagens em seus últimos anos de vida. Entre muitas outras, ganhou a Medalha Darwin em 1959 e recebeu a Medalha Nacional de Ciência em 1964.

Depois de deixar a Universidade Rockefeller em 1970, Dobzhansky se associou à Universidade da Califórnia, em Davis. No final de sua existência, Dobzhansky sofreu de leucemia e morreu em 18 de dezembro de 1975. Está enterrado em Mather, na Califórnia, onde se encontra uma estação de campo de botânica e onde, muitas vezes, trabalhou, andou a cavalo e coletou *Drosophila*.



Max Delbrück & a Bacteriofagia

(1906 – 1981)

Personagem fundamental na determinação da importância da molécula de DNA que contém a informação genética da célula, Max Delbrück ajudou a exportar a revolução do século XX desde a física até a biologia. Nenhuma descoberta importante é devida a Delbrück, mas sua influência foi decisiva, de acordo com William Hayes, como “o pioneiro de uma nova maneira de entender os processos biológicos fundamentais”. Ao desenvolver um modelo de transmissão genética através do mais simples dos organismos, o bacteriófago, Delbrück criou a genética bacteriana e abriu um dos principais caminhos para a descoberta da estrutura do ácido desoxirribonucléico. Delbrück

exerceu influência sobre ERWIN SCHRÖDINGER [18], cujo livro *O que É a Vida?* levou tanto FRANCIS CRICK [33], quanto JAMES WATSON [49], para a biologia molecular e foi o “esteta exigente da ciência”, como escreveu Horace Freeland Judson, “... neste drama, um mensageiro”.

Max Delbrück nasceu em 4 de setembro de 1906, na Berlim suburbana, filho mais moço de Hans e de Lina Delbrück. Seu pai era professor de história na Universidade de Berlim, membro liberal da *intelligentsia* e editor de uma revista dedicada à política. Lina Delbrück descendia de uma família de médicos, e seu avô, o químico JUSTUS VON LIEBIG [36], tinha fama mundial. Max cresceu num ambiente altamente intelectual, emergindo desse convívio excepcional tão ambicioso quanto sensitivo. Tinha sentimentos complexos com relação a seus pais. Seu pai, que trabalhava muito, tinha cerca de 60 anos quando ele nasceu, e Max possuía uma considerável ambivalência como adolescente, de acordo com seu biógrafo Ernst Fischer, “manifestando ódio e ciúme subconscientes misturados com admiração e respeito”. Mais tarde ao correr da vida, Delbrück atribuiu sua própria tendência para o trabalho incansável a seu amor por sua mãe e, como estratégia, dizia, “para suplantar meu pai”.

Ao terminar o curso secundário como orador da turma, Max Delbrück primeiramente dedicou-se à astronomia, que estudou na Universidade de Tübingen, a partir de 1924. Na Universidade de Göttingen, para onde se transferiu em 1926, mudou a direção de seu interesse para a teoria quântica que estava nessa época tomando forma definitiva. Delbrück conseguiu readquirir interesse pela física, que havia perdido como estudante não graduado, e recebeu o doutorado em 1930, sob o aconselhamento de MAX BORN [32]. No ano seguinte estudou em Copenhague, no instituto dirigido por NIELS BOHR [3], iniciando pesquisa com George Gamow, tendo em 1932 se tornado assistente de Lise Meitner, a famosa física alemã. Publicou artigos importantes sobre a distribuição luminosa e sobre a termodinâmica, conforme entendida através da mecânica estatística da teoria quântica; mas isso era somente um prelúdio para seu trabalho em biologia, para a qual começou a migrar já em 1932.

A Teoria Quântica havia colocado um ponto final na causalidade estrita da física, e Delbrück descobriu que algumas de suas implicações filosóficas eram altamente atrativas. Numa famosa exposição

sobre a "Luz e a Vida", feita em 15 de agosto de 1932, Neils Bohr descreveu o dilema da mecânica quântica, pela qual, por exemplo, a luz não pode ser medida com precisão infinita e, portanto, a análise estatística tem de ser adotada. A percepção humana impõe limites na descrição da Natureza, e Bohr se perguntava se os processos vitais, também, estariam sendo governados por esse mesmo tipo de incerteza. A exposição de Bohr obteve um efeito singular sobre Delbrück. Conseguiu uma cópia da apresentação, estudou-a em detalhe e logo começou a investigar fenômenos como a fotossíntese, a genética populacional e a seleção natural.

Para sua surpresa, Delbrück inicialmente descobriu que parecia possível fazer um modelo atômico que mostrasse totalmente os resultados das mutações genéticas. Qualquer que fosse a constituição do material genético, a química comum podia explicar sua constância fundamental, bem como sua instabilidade, causada pelas mutações. A idéia de Bohr era provocante, mas não correta. *Era* plausível a hipótese de que os processos vitais podiam ser totalmente entendidos. Os genes se comportavam como moléculas, e seria lógico supor que eram moléculas.

Com os nazistas no poder, Delbrück reconheceu a impossibilidade de continuar a trabalhar na Alemanha e, em 1937, emigrou para os Estados Unidos, onde ficou até o fim da vida. De 1937 até 1939, permaneceu no corpo docente do California Institute of Technology. Mudou-se, então, para a Universidade de Vanderbilt, onde durante a Segunda Guerra Mundial foi instrutor de física. Mas também continuou suas pesquisas e, procurando uma forma de vida simples e confiável com a qual pudesse fazer as experiências, Delbrück logo começou a estudar os vírus conhecidos como bacteriófagos. Deste trabalho se deriva a maior parte de sua influência direta sobre a biologia molecular.

Os bacteriófagos são um tipo de vírus que invade as bactérias e usa as células da hospedeira para se reproduzir. Os "fagos" haviam sido descobertos no início do século XX e foram considerados apenas como curiosidade. Com o desenvolvimento da microscopia de campo escuro, foi verificado serem compostos de um ácido nucléico, conhecido como DNA, com uma capa de proteína. Sem adivinhar a importância do DNA, Delbrück reconheceu que os

bacteriófagos — que se situam no limite entre o que é vivo e o que não é — poderiam ser usados para estudar a reprodução e a transmissão de informação genética. “Parecia-me”, disse Delbrück, mais tarde, “algo além de meus sonhos mais impossíveis, de poder fazer experiências simples com algo, em biologia, parecido com um átomo.”

Realmente, a realização de Delbrück foi a de inventar técnicas experimentais e estatísticas de grande precisão para o estudo dessas formas elementares de vida. Como o fago, com forma de girino, que transmitia a informação genética à bactéria, permanecia desconhecido, isso era feito claramente ou por meio de sua molécula de DNA ou por sua capa de proteína. Acontece, além disso, que o fago intacto nunca penetrava fisicamente a bactéria, da qual seus descendentes de alguma maneira emergiam. Uma série de artigos importantes, preparados por Delbrück, em colaboração com Salvador Luria, atraíram grande atenção, quando publicados em 1943. Delbrück e Luria logo estabeleceram o que veio a ser conhecido como “o grupo fago” de pesquisadores. O Tratado do Fago, preparado por Delbrück em 1944, trouxe uma ordem essencial à pesquisa, assegurando que somente certas cepas de bacteriófagos seriam usadas.

Em 1945, Delbrück, agora com considerável prestígio, iniciou um curso de verão sobre os fagos, no laboratório em Cold Spring Harbor, localizado em Long Island. O curso atraiu um grande número de físicos, bioquímicos e biólogos, e Delbrück começou a fazer reuniões anuais sobre os fagos, dois anos mais tarde. Na Caltech, para onde Delbrück retornou para ensinar em 1947, seu laboratório se tornou o “Vaticano do grupo fago”, de acordo com um de seus colegas, “onde a maioria dos discípulos, do que viria a ser chamado de ‘escola informacional de biologia molecular’, recebia suas ordens”. Ao ter como modelo o Instituto Copenhague de Niels Bohr, o grupo fago de Delbrück era, como escreveu Horace Freeland Judson, em seu livro *O Oitavo Dia da Criação*, “um dos raros refúgios do século XX, uma república da mente, uma visão fugaz da riqueza comum de intelectos, mantidos juntos pelas mais sutis ligações, pelo entusiasmo de entender, pela promessa oferecida pelo assunto e pela autêntica liberdade de estilo”.

O resultado dos estudos dos fagos ficou esclarecido no final

da Segunda Guerra Mundial. Experiências cuidadosas feitas por Oswald Avery, no Instituto Rockefeller (atual Universidade Rockefeller), indicaram que o DNA e não a proteína poderia conter a informação genética. Os fagos, que são somente um pouco mais do que uma massa de DNA envolta em proteína, davam excelentes condições para verificar essa idéia. Eles “se fazem notar”, escreveu Delbrück, “pelas bactérias que destroem, do mesmo modo que um garoto anuncia sua presença, quando um pedaço de bolo desaparece”.

Em 1946, foi descoberto que os fagos podem entrar em mutação e, em 1952, Alfred Chase e Martha Hershey fizeram a famosa experiência, na qual fagos e bactérias, quimicamente marcados, foram mesclados num misturador Waring. Mostraram que o modo de operar dos fagos era o de se juntar à membrana da célula da bactéria e, então, injetar seu DNA em sua hospedeira.

Todos esses resultados eram altamente sugestivos. Então, em 1952 o mecanismo da transmissão genética foi elucidado, quando James Watson e Francis Crick descobriram a estrutura helicoidal de fio duplo do DNA. Ao receber uma carta de Watson — que lhe estava enviando relatórios mensais sobre o progresso da pesquisa que estavam fazendo —, Delbrück imediatamente se convenceu. Logo, estava comparando a descoberta de Watson-Crick com a elucidação da estrutura do átomo, no começo do século, por ERNEST RUTHERFORD [19]. E escreveu para Watson: “Tenho a sensação de que, se sua estrutura é verdadeira e se as sugestões relativas à natureza da replicação têm qualquer validade, então, a confusão se iniciará e a biologia teórica entrará numa fase muito tumultuada.”

Na última fase de sua carreira, Delbrück estudou os problemas da percepção sensorial e do reflexo em organismos como os fungos, esperando que pudesse, novamente, oferecer contribuições importantes para a fisiologia. Este trabalho não foi tão produtivo quanto o com os fagos. Delbrück também teve participação no estabelecimento do Instituto de Genética em Colônia, que continuou a visitar e trabalhar regularmente até 1963.

Por seu trabalho em genética, Max Delbrück recebeu o Prêmio

Nobel em 1969, juntamente com Alfred Hershey e Salvador Luria. Aposentou-se da Caltech em 1977.

Ao encontrar-se com Delbrück em 1972, Horace Freeland Judson o descreveu como “rápido, cortês, acessível, sutil, consciente e com desprezo pelo fingimento”. Ao mesmo tempo charmoso e crítico, Delbrück se divertia em pregar peças. Casou-se com Mary Adeline Bruce em 1941 e tiveram dois filhos e duas filhas. No final da vida, ficou doente, com problemas no coração, na vista e com um mieloma múltiplo. Max Delbrück morreu em 10 de março de 1981.



Jean Baptiste Lamarck & os Fundamentos da Biologia

(1744 – 1829)

Jean Baptiste Lamarck vem, há muito tempo, sendo associado à teoria que diz poderem ser herdadas as características adquiridas; que um violinista, por exemplo, pode passar para seus filhos a destreza manual aprendida, depois de anos praticando as escalas. Essa teoria há muito já foi desacreditada, e a reputação de Lamarck sofreu com isso, principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra. Só recentemente sua contribuição foi devidamente reavaliada nos textos de biologia.

Lamarck, que morreu cego e na miséria, é na verdade um dos grandes personagens da biologia. Permanece como um dos funda-

dores da ciência, apesar da antipatia que CHARLES DARWIN [4] tinha por ele e da associação de seu nome com as metas ideológicas de TROFIM LYSENKO [93]. Ao romper com a idéia de espécies fixas e imutáveis, a influência positiva de Lamarck sobre o pensamento evolucionário é muito forte, e foi uma autoridade importante para o geólogo CHARLES LYELL [28]. “Seria desejável”, escreveu Loren Eiseley, acertando o balanço no livro *O Século de Darwin*, “que Darwin e Huxley... tivessem sido um pouco mais lenientes com aquele velho, cujos ossos estão perdidos por entre os dos milhões de pobres de Paris”.

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet Lamarck nasceu em 1º de agosto de 1744, em Bizantine-le-Petit, uma mansão no Somme e da qual seu pai era o senhor. Em torno de 1755, com 11 anos, foi mandado para uma escola dirigida pelos jesuítas, na expectativa de que se tornasse padre. Ele preferiu a aventura. Com 16 anos, alistou-se no Exército, em Bergen-op-Zoom, lutando na Guerra dos Sete Anos, aparentemente com uma boa atuação, e recebendo o grau de oficial, por bravura. Permaneceu no Exército depois do final da guerra, em 1763, dando baixa somente em 1768.

Em 1769, Lamarck começou a estudar medicina em Paris, enquanto trabalhava num banco. Também estava interessado nas novas descobertas da química e da meteorologia, mas seu trabalho inicial mais importante publicado em 1778, com o nome de *Flore Française*, foi a classificação das plantas. Lamarck desenvolveu uma chave dicotômica, particularmente útil para a classificação, que permitia a rápida identificação das plantas. O livro obteve sucesso imediato e, logo, Lamarck foi eleito para a Academia de Ciências, na tenra idade de 35 anos.

Com a ajuda do COMTE DE BUFFON [23], envelhecido, mas ainda a eminência ativa da história natural, Lamarck tornou-se o botânico do rei Luís XVI e, depois, em 1781, o zelador do herbário dos Jardins Reais. Essa instituição foi reaberta, depois da Revolução Francesa, como o Museu de História Natural, e Lamarck foi nomeado seu professor de zoologia. Foi encarregado de organizar as coleções das ordens que o classificador CARL LINNAEUS [76] havia chamado de *Insecta* e de *Vermes*. Lamarck criou para esses animais uma diferença ainda usada, os chamados invertebrados. Na virada

do século, publicou vários livros baseados em suas pesquisas, como o *Système des Animaux sans Vertèbres*, em 1801, e o *Philosophie Zoologique*, em 1809. Seu colossal *Histoire Naturelle des Animaux sans Vertèbres*, publicado entre 1815 e 1822, representa o ápice de seus trabalhos.

Ao classificar os invertebrados, Lamarck descreveu e nomeou várias espécies com grande precisão. As implicações filosóficas da taxonomia não passaram despercebidas. Extremamente consciente da variabilidade das espécies, em conjunto com a unidade básica dos seres vivos, Lamarck pode ter o crédito de ter insistido na diferença radical entre o orgânico e o inorgânico. Essas diferenças básicas permitiram-lhe visualizar o complexo mundo das plantas e dos animais como sendo de crescente diversificação. Adiantando-se a Darwin, Lamarck reconheceu que um grande espaço de tempo existia no processo evolucionário e que a idéia de estabilidade derivava da pequena velocidade das mudanças. Lamarck propôs, finalmente, quatro leis que governam a organização do desenvolvimento dos animais. Elas contêm sua noção, do século XVIII, de que as espécies tendem à perfeição, de que havia uma relação entre a importância de um órgão e seu uso (ou desuso) verdadeiro e, mais memorável ainda, de que os animais transmitiriam para seus herdeiros qualquer coisa que houvesse mudado estruturalmente em seu interior. Além disso, Lamarck achava que o desejo era um princípio ativo da evolução.

As leis de Lamarck não conseguiram se manter. Mas deve ser notado que algumas das hipóteses, como sua teoria sobre a hereditariedade das características adquiridas, eram virtualmente inevitáveis. Uma vez abandonada a idéia de espécies imutáveis, a óbvia adaptação dos organismos a seu meio ambiente necessitava de uma explicação. Para usar um exemplo famoso: como é que as girafas *ficam* com os pescoços tão longos? Somente de uma forma gradual é que as idéias de Lamarck começaram a contrariar a hipótese darwiniana da evolução pela seleção natural e com a teoria que apareceu, mais tarde, da especiação pela mutação. Além do mais, a teoria de Lamarck podia ser, e foi, testada. Vasto corpo de provas se acumulou para torná-la falsa. Os cientistas trocaram os ovários entre aves pretas e brancas, examinaram as asas das traças, cobrindo

muitas gerações, estudaram as salamandras manchadas, a borboleta do repolho e perseguiram ratos. Nada do que fizeram jamais provou a idéia de que as características adquiridas eram transmissíveis.

Lamarck continuou a trabalhar até o final da vida, apesar de ter perdido o prestígio com o estabelecimento científico e de ter sido criticado fortemente pelo barão Cuvier, que rejeitou a idéia da transmutação das espécies e se apegou à idéia do catastrofismo em lugar da evolução. Embora cego, quando velho, “continuou seu trabalho”, escreveu Charles Bocquet, “com uma coragem firme, até o final da vida. Morreu em Paris, sem ter sido entendido por uns e esquecido pelos outros”. Quando o fim chegou, em 18 de dezembro de 1829, muitos de seus artigos foram vendidos para pagar seu enterro.

70



William Bayliss & a Fisiologia Moderna

(1860 – 1924)

A descoberta dos hormônios, na virada para o século XX, preparou o palco para amplos avanços em todos os campos da medicina. Reguladores químicos de uma série de funções em animais e em plantas, a maioria dos hormônios nos seres humanos é elaborada pelas glândulas endócrinas e distribuída pelos vários locais do corpo por meio do fluxo sangüíneo. Desta forma, regulam o crescimento, o metabolismo, a reprodução e o funcionamento de variados órgãos. São potentes em quantidades mínimas, e o sistema hormonal representa a forma básica de organização e de controle necessários para a função integrada dos organismos complexos. Não é surpresa que

a manipulação dos hormônios se tornasse um caminho importante para o tratamento médico e suas sínteses, mediante recombinações genéticas, um negócio de alto lucro e com um futuro brilhante na terapêutica.

Há um século, William Bayliss descobriu como os hormônios funcionam, e sua biografia parece a vida de um santo. Além de descobrir o mistério do hormônio secretina, Bayliss também fez eletrocardiogramas antes de serem inventados, investigou como os vasos sanguíneos se contraem e se dilatam e descobriu muito sobre as enzimas. Foi um dos fundadores da fisiologia e da bioquímica modernas, honrado e estimado pelos colegas, mas caluniado pelos antivivisseccionistas que o acusavam de ser impiedoso com os cães destinados às experiências. Viu-se forçado a um processo e ganhou em juízo. De família rica, era liberal e até socialista, e se preocupava profundamente com o bem-estar dos outros. Durante a Primeira Guerra Mundial, quando os soldados morriam pelos choques físicos causados por feridas, Bayliss encontrou um meio de impedir o sangramento e salvou milhares de vidas. Não é nada surpreendente que seu brilhante livro *Princípios da Fisiologia*, uma das primeiras sinopses básicas, seja um antepassado literário dos enormes textos sobre medicina que os estudantes lêem nos dias de hoje.

William Maddock Bayliss nasceu em 2 de maio de 1860, em Wednesbury, uma cidade em Staffordshire, na região industrial das Midlands inglesas. Sua mãe era Jan Maddock, que morreu quando ele era muito jovem, e seu pai, Moses Bayliss, originalmente ferreiro, tornou-se um próspero fabricante. Depois de cursar uma escola particular, William passou um curto período trabalhando na companhia Bayliss, Jones and Bayliss, de seu pai, mas preferia a ciência. O caminho, como é algumas vezes ainda trilhado, foi se tornar aprendiz de um prático em medicina e trabalhar no hospital local. Mas, em 1880, quando seu pai se aposentou e a família mudou-se para Hampstead, fora de Londres, William pôde cursar o University College. Após receber o diploma de bacharel em ciência em 1882, começou então seus estudos de medicina. Entretanto, depois de ser reprovado num exame de anatomia, decidiu abandonar a medicina e se concentrar na fisiologia. Mudou-se para Oxford em 1885 e

recebeu o doutorado em 1888, retornando então, para sempre, ao University College, inicialmente como assistente de ensino.

Em 1890, Bayliss iniciou uma grande amizade com Ernest Henry Starling, já formado como médico. “Bayliss era o mais aplicado e erudito, mas sem disposição”, escreveu Charles L. Evans. “Starling era extrovertido, pragmático e firme, e com uma visão essencialmente médica.” A colaboração entre os dois foi um grande sucesso e, durante a década seguinte, ambos fizeram uma série de pesquisas que aplicavam algumas das novas descobertas em eletricidade à fisiologia. Ao usarem o eletrômetro capilar, recentemente inventado, puderam estudar a atividade elétrica do coração. Mostraram que as batidas cardíacas dos sapos e das tartarugas eram eletricamente trifásicas e ainda descobriram que o mesmo era verdade para os seres humanos, usando eles próprios como cobaias. Também tentaram descrever como funciona o sistema vasomotor — como os vasos sangüíneos são controlados pelos nervos. Porém, Bayliss e Starling apresentaram uma contribuição mais duradoura em 1902: descobriram a função hormonal.

Sir Charles Martin, que se encontrava no laboratório, gravou essa experiência decisiva para a posteridade. Bayliss e Starling fizeram uma incisão num cão anestesiado e injetaram ácido clorídrico em seu duodeno. Não se surpreenderam quando o pâncreas começou a funcionar. Na verdade, alguns anos antes, Ivan Pavlov havia descoberto que o estímulo em certos nervos levava à secreção de sucos digestivos. Então, Bayliss e Starling amarraram uma alça do intestino e cortaram aqueles nervos, de modo que o intestino estivesse ligado apenas por vasos sangüíneos ao resto do corpo. Quando essa parte seccionada do intestino recebeu o ácido clorídrico, Bayliss e Starling tiveram o *mesmo* resultado: o pâncreas começou a funcionar. “Foi uma grande tarde”, escreveu sir Charles. O caminho para a excitação, Bayliss e Starling haviam descoberto, era químico, além de nervoso, e podia se dar através da corrente sangüínea. Continuaram e isolaram a substância que é formada na membrana do intestino delgado e levada para o pâncreas, onde dá o sinal de necessidade de suco digestivo. Veio a ser chamada de *secretina*, uma de uma classe completa de substâncias conhecidas como *hormônios*. (Starling deu o nome a ambas em 1905.)

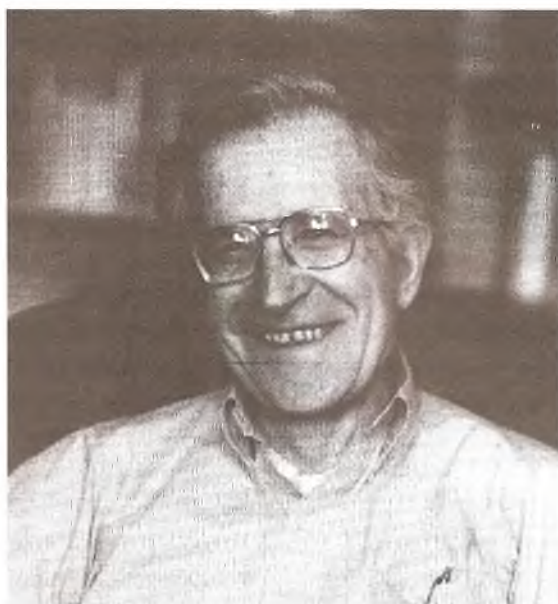
A carreira de Bayliss foi interrompida em 1903 ao ser acusado por um jornal de Londres de não ter anestesiado um cão durante uma conferência pública sobre a secretina. Conhecido, desde então, como o processo do “cão marrom” — e dando um novo significado à frase de Pavlov, de que “o apetite significa suco gástrico” —, Bayliss lutou na Justiça. A acusação, baseada em relatórios de dois antivivisseccionistas suecos, era falsa, e Bayliss possuía os meios financeiros necessários para prosseguir com a defesa. Ele também tinha um tal sentimento de bondade, que impressionou bem durante o julgamento, amplamente coberto pela mídia. No centro estava um “pequeno vira-lata marrom, parecido com um *terrier* com pêlos curtos e arrepiados”. No final, Bayliss recebeu uma indenização de duas mil libras, que usou para criar um fundo para pesquisas na universidade. Também recebeu grande volume de correspondência odiosa, obscena e cheia de blasfêmias.

Durante a Primeira Guerra Mundial, Bayliss fez uma contribuição importante para o tratamento dos feridos. Era por demais comum que os soldados hospitalizados, quando pareciam estar se recuperando, subitamente sofriam um “choque secundário”. A pressão arterial desabava e eles morriam. Bayliss descobriu que feridas extensas nos tecidos provocavam a liberação de substâncias tóxicas no sangue. Essas toxinas agiam, dilatando os pequenos vasos sanguíneos e diminuía a circulação. Ele notou que a injeção de uma solução de goma-arábica nas veias podia elevar a pressão arterial, o que, nessa época anterior ao advento da transfusão de sangue, salvou milhares de vidas.

Em 1914, Bayliss publicou o livro *Princípios da Fisiologia Geral*. Foi descrito por Starling como a “revelação da personalidade do autor. Poderia quase que ser chamado de uma autobiografia e, na verdade, é história de uma mente e de suas realizações”. Isso não é uma hipérbole. No livro, Bayliss não somente trata de todos os aspectos da fisiologia humana, mas evidencia um estilo de classe, recomendando o livro de Kropotkin, *Ajuda Mútua*, e citando São Paulo. Foi reconhecido como uma “extensão para o século XX” do trabalho de CLAUDE BERNARD [13]. Na realidade, num outro tributo a Bayliss, seu filho escreveu: “Uma das fascinações do livro é transmitir tão bem a sensação de continuidade histórica.” Nas

universidades, nos Estados Unidos, o livro foi tão admirado que associações pró-Bayliss foram formadas para discuti-lo.

Na casa confortável em que Bayliss vivia, em Hampstead, havia não só os regulares “de casa” — prática exigida dos professores universitários daquela época — mas também festas ao ar livre, torneios de tênis e jantares. Bayliss dava apoio ao voto feminino, advogava o controle da natalidade e, mais tarde, se aproximou do socialismo. Os estudantes o adoravam. Bayliss teve a sorte de se casar com a irmã de seu colaborador Starling, e o casal teve uma vida extremamente feliz, tendo sido aquinhoadado com quatro filhos, um dos quais se tornou conhecido fisiologista. Bayliss morreu, depois de uma breve enfermidade, em 27 de agosto de 1924.



Noam Chomsky & a Lingüística do Século XX

(1928 –)

A lingüística pode ser seguida historicamente, voltando-se até os gramáticos sânscritos do século V a.C., bem como até a civilização helênica. Desenvolveu-se uma longa tradição entre os estudiosos europeus de se dedicarem ao estudo da retórica, da gramática, da etimologia e dos textos escritos nas linguagens primitivas.

No século XX, a linguagem passou a ser um tema importante da filosofia e uma preocupação central para vários setores da pesquisa antropológica. Mas o campo da lingüística propriamente dito ficou muito restrito, devido a uma disposição empírica e comportamentalista de não se mover para além dos sistemas de

classificação e da taxonomia. E essa situação mudou a partir da década de 1950, com o caminho revolucionário tomado por Noam Chomsky.

Numa análise seminal, sugerindo que todas as linguagens humanas dependem de estruturas mentais preexistentes, Chomsky fundou o que veio a ser conhecido como a lingüística transformacional-geradora. Com seu trabalho, a lingüística encontrou uma base científica, consoante as outras ferramentas desenvolvidas para pesquisar a progressão cognitiva e psicológica. A meta de Chomsky e de sua escola de gramática transformacional era “mais elevada do que havia sido explicitamente colocado por qualquer grupo anterior de lingüistas”, escreveu R. H. Robins. “Significa nada menos do que apresentar, numa descrição de uma língua, tudo o que está implícito na competência lingüística de quem a fala originalmente.” Hoje, depois de quatro décadas de batalhas acadêmicas sobre uma teoria constantemente em evolução, Chomsky continua um personagem da maior importância na lingüística contemporânea.

Os antecedentes de Avram Noam Chomsky mostram, ao mesmo tempo, um esquerdista e um estudioso. Nasceu em 7 de dezembro de 1928, na Filadélfia, filho de William Chomsky, educador e filólogo, e de Elsie Simonofsky, professora e escritora. Por volta dos 12 anos, Noam leu o livro escrito por seu pai sobre gramática hebraica, ainda em fase de provas. Coursou a Oak Lane Country Day School, uma escola primária experimental, dirigida pela Universidade Temple, e antes de atingir a adolescência já escrevia editoriais sobre a Guerra Civil espanhola para o jornal de seu colégio. Mais tarde, cursou a prestigiosa Central High School, na Filadélfia, formando-se em 1945, e permaneceu na cidade para cursar a Universidade da Pensilvânia. Lá, começou a estudar a lingüística, sob a influência de Zellig Harris, lingüista e ativista político. Chomsky disse que aprendeu pela primeira vez os problemas contemporâneos da lingüística pela leitura das provas do livro de Harris, *Métodos na Lingüística Estrutural*.

Ainda estudante e por sugestão de Harris, Chomsky passou a estudar hebraico. Uma língua antiga, então renascente, sob transformação por volta da década de 1940, que era “uma língua falada, estilo bastante comum”. Apesar de inicialmente ter tentado usar

métodos comuns, servindo-se, como informantes, dos que originalmente falavam a língua, Chomsky percebeu estar recebendo dados já conhecidos. “Portanto, abandonei os procedimentos oficiais e simplesmente trabalhei com a língua, do mesmo modo que em qualquer problema de ciência, usando os informantes originais como contrapartida das experiências (verificando a consequência das hipóteses etc.), e quando eu ainda não tinha conhecimento dos fatos.” Esse sistema levou a uma meta mais ampla do que o permitido pelos métodos de catalogação então em moda. Chomsky tentou, conforme relatou mais tarde, “encontrar um sistema de regras para poder gerar as formas fonéticas das sentenças, ou seja, o que, atualmente, é chamado de gramática generativa”.

Chomsky, trabalhando principalmente sozinho, transformou o estudo do hebraico em sua tese de honra de estudante. Recebeu o diploma de bacharel pela Universidade da Pensilvânia em 1949, e o de mestrado em lingüística, dois anos mais tarde. Já em 1951, Chomsky foi nomeado associado júnior pela Sociedade de Associados de Harvard. Recebeu o doutorado pela Universidade da Pensilvânia em 1955 e começou a ensinar lingüística e línguas modernas no Massachusetts Institute of Technology.

A ligação de Chomsky com o MIT, mantida durante toda sua carreira, foi simplesmente notável, porque o colocou no centro do desenvolvimento da teoria da informação. “Poder-se-ia pensar — em verdade, alguns o pensaram — que os computadores permitiriam a automação da descoberta dos procedimentos em lingüística...”, declarou mais tarde. “Mas, quando comecei a estudar esses tópicos, fiquei logo convencido de que as premissas adotadas eram falsas, e os modelos populares, inadequados...” Retrospectivamente, também pode ser verificado que, enquanto os matemáticos tiveram sucesso em desenvolver novas linguagens para o computador, era improvável que a lingüística pudesse permanecer, durante muito tempo, um sistema basicamente descritivo e taxonômico.

Em 1956, numa reunião no Instituto de Engenheiros de Rádio, Chomsky apresentou um artigo sobre as perspectivas de uma gramática generativa, que podia ser descrita em termos mais ou menos matemáticos. Em 1957 publicou *Estruturas Sintáticas*. Esse trabalho seminal, uma monografia de 10 capítulos, mudou o rumo da

lingüística no século XX, sobretudo por conter vários argumentos cruciais e inter-relacionados.

Chomsky acreditava que uma maneira puramente taxonômica de construção da linguagem não forneceria os princípios básicos, sem que se recorresse à vaga intuição, e que a lingüística estruturalista tinha déficits inerentes e desnecessários. Postulou que a sintaxe de qualquer língua — em termos gerais, sua estrutura gramatical — possui alguma legalidade subjacente. Com a análise da sintaxe como problema central, sugeriu um formalismo quase matemático, do qual poderiam emergir as regras que governam a produção das sentenças. Mostrou, em *Estruturas Sintáticas*, como isso poderia ser possível e preparou uma agenda básica “para uma teoria mais geral da linguagem, mais preocupada com a sintaxe, com a semântica e com seus pontos de encontro”.

A gramática transformacional foi muito discutida quando proposta, mas encontrou considerável resistência do comportamentalismo, uma teoria psicológica, na época, promovida por B. F. SKINNER [98]. O livro de Skinner, *Comportamento Verbal*, também publicado em 1957, procurava explicar a linguagem em termos simples de estímulo/resposta e reforço. Com a adoção de conceitos operacionistas elementares, enquanto ignorava os aspectos da linguagem que não eram fáceis de explicar ou de descrever, Skinner ficou vulnerável a uma variedade de acusações, como a de super-simplificação. Num exame do livro *Comportamento Verbal*, feito em 1959 e agora famoso, Chomsky elaborou uma crítica devastadora do projeto comportamentalista, à qual Skinner nunca respondeu. A maneira de ver do comportamentalismo tipo “lousa branca” não podia explicar a capacidade excepcional de as crianças rapidamente aprenderem algo tão complexo como uma língua. De fato, argumentou Chomsky, os seres humanos são, de alguma forma, especialmente projetados para isso, com habilidades complexas de manuseio de dados ou de “formulação de hipóteses”. Explicitamente, integrou-se com os preceitos racionalista e cartesianos que invocam a existência inata do que ele passou a chamar de Aparato para a Aquisição de Línguas.

Chomsky elaborou seu projeto durante a década de 1960. Sua fama havia se tornado internacional com a publicação da *Teoria da*

Base Lógica da Lingüística, na qual explicava a diferença básica entre a lingüística estrutural e sua gramática generativa. No livro altamente influente, *Aspectos da Teoria da Sintaxe*, publicado em 1965, Chomsky trouxe algumas inovações teóricas notáveis e, juntamente com outros que trabalhavam no mesmo sentido, propôs o que chamou de “teoria padrão”. Introduziu a idéia de “competência lingüística” e sugeriu uma habilidade cognitiva fundamental de construir frases, enquanto fornecia as regras para mapear sua geração. Com uma teoria ampla e cada vez mais explícita, pelos meados da década de 1960, já havia considerável discussão de uma revolução chomskiana, bem como uma reação a ela — e um grande número de estudantes graduados entrou nesse campo.

Durante os 20 anos seguintes, e até hoje, a lingüística foi remoldada pelo trabalho de Chomsky, gerando muita pesquisa, muito debate e, eventualmente, o que é, algumas vezes, descrito, com excesso de hipérbole, como as “guerras da linguagem”. Muito da importância de Chomsky reside na adaptabilidade de sua teoria à psicolingüística, um dos pilares do desenvolvimento de uma nova ciência emergente, a psicologia cognitiva. As pesquisas sobre a aquisição da linguagem, da patologia da fala e da linguagem de sinais dos surdos foram áreas de particular importância para a lingüística de Chomsky.

A gramática generativa foi também objeto de numerosas mutações teóricas e de disputas variadas, todas resultantes de desenvolvimentos nesses campos, enquanto a biologia molecular desacreditava as noções empíricas iniciais e dava amplo suporte à idéia de Chomsky do funcionamento mental inato. Em 1994, Neil Smith escreveu em *Nature*: “Depois de uma década de selvageria acadêmica, durante a qual a disciplina foi severamente dividida em facções, foi Chomsky, e não os jovens turcos, que emergiu vitorioso.” O trabalho mais recente de Chomsky — algumas vezes caracterizado como uma “segunda revolução” — enfatizou o esforço para descobrir o “estado inicial” de uma habilidade para usar a linguagem geneticamente adquirida.

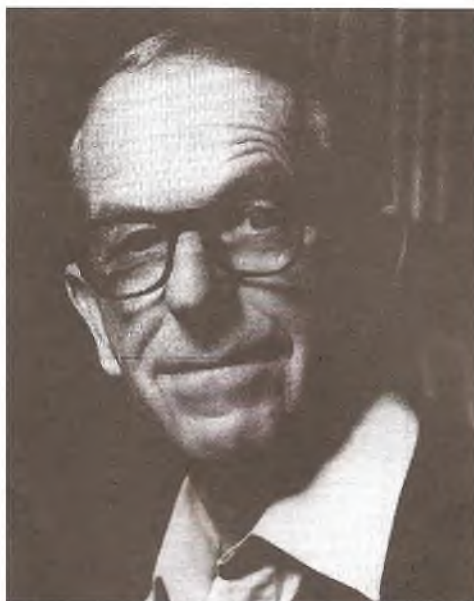
Outra área importante do pensamento de Chomsky, parcialmente fora do reino da linguagem, fica na política. Do mesmo modo que RUDOLPH VIRCHOW [17] e de muitos outros grandes cientistas,

Chomsky adquiriu um compromisso político de esquerda quando jovem e, mais tarde, moldado pelos problemas atuais. Como socialista libertário, Chomsky tornou-se um forte crítico dos Estados Unidos, de suas pretensões à democracia e de sua política externa. Se “a lei internacional e uma moralidade elementar estivessem operativas”, escreveu, “milhares de políticos e planejadores militares dos EUA seriam considerados candidatos a julgamentos do tipo Nuremberg”. A moralidade seletiva, com a qual grande parte do estabelecimento político e intelectual opera, é a fonte de grande parte da indignação de Chomsky.

Chomsky escreveu muito sobre problemas políticos, a partir da guerra do Vietnã, sendo considerado um retórico eficiente e ativista dedicado. Por seus pontos de vista controversos, é algumas vezes comparado a Thoreau. A limitação de Chomsky como voz antiestabelecimento está aparentemente numa falta de profundidade em compaixão humana e em amplitude de visão histórica, que motivou Karl Marx no livro *O Capital* e tem influenciado pensadores mais recentes, como Herbert Marcuse.

Os trabalhos de Chomsky sobre o governo e a política incluem *O Poder Americano e os Novos Mandarins*, publicado em 1969; *Paz no Oriente Médio*, em 1974; *Os Direitos Humanos e a Política Externa Americana*, em 1978; e *Ilusões Necessárias*, em 1989. Colaborou com Edward Herman em várias obras, como *A Economia Política dos Direitos Humanos*, de 1979, e no *Criando a Dissensão: a Economia Política da Mídia de Massa*, de 1988.

Noam Chomsky tornou-se, em 1961, professor catedrático do Massachusetts Institute of Technology; em 1966 foi nomeado professor para a cátedra Ferrari P. Ward de línguas estrangeiras e de lingüística; uma década depois, tornou-se catedrático do Instituto. Também foi associado residente do Instituto de Estudos Avançados em Princeton, na Universidade da Califórnia, em Berkeley, e do Centro Harvard para Estudos Cognitivos. Casou-se com Carol Doris Schatz em 1949 e tiveram três filhos.



Frederick Sanger & o Código Genético

(1918 –)

A base fundamental da pesquisa da genética, que hoje inclui um esforço gigantesco para mapear totalmente o genoma humano — cem mil genes e três bilhões de pares básicos —, é o trabalho do bioquímico inglês Frederick Sanger. Um experimentalista, e não um teórico, sua importância se deve a duas descobertas absolutamente essenciais para o progresso da biologia molecular. Em 1954, Sanger foi o primeiro a analisar completamente o arranjo dos aminoácidos em uma proteína, a insulina. Então, voltando-se para o estudo do DNA propriamente dito, Sanger desenvolveu métodos para decifrar as longas seqüências de seus nucleotídeos, nos quais está embutido

o código genético. Esses métodos foram a chave para uma série de descobertas técnicas, com enorme potencial de conseqüências para a pesquisa médica e biológica. “Assim, mais do que qualquer outro”, escreveu Christopher Wills, “Sanger tornou possível o Projeto do Genoma Humano e o atual estado de fermentação da genética humana.” Como medida de reconhecimento por tudo isso, Sanger ganhou, por duas vezes, o Prêmio Nobel, e, nas duas décadas passadas, ficou evidente seu papel central no complexo desenvolvimento da biologia molecular.

Frederick Sanger nasceu em 13 de agosto de 1918, na localidade de Rendcomb, em Gloucestershire. Recebeu o mesmo nome de seu pai, que era médico; sua mãe chamava-se Cicely Crewdson Sanger. Foi criado num ambiente razoavelmente próspero e, apesar de ter sido apenas um aluno de nível mediano, da Bryanston School, em 1936 conseguiu entrar para o St. John's College, em Cambridge, onde seu pai havia estudado. Planejava, a princípio, dedicar-se à medicina, mas desenvolveu interesse pela bioquímica, naquele tempo uma disciplina relativamente nova. Do mesmo modo que outros, que começaram a pesquisar na mesma época, “a idéia de que a biologia poderia ser explicada em termos químicos”, Sanger declarou mais tarde, “parecia muito excitante”. Recebeu um diploma de bacharel de primeira classe em 1939 e pôde portanto continuar seus estudos, obtendo um Ph.D. em 1943, com uma monografia sobre o metabolismo da lisina, um dos aminoácidos. Como *quaker*, ficou isento do serviço militar durante a Segunda Guerra Mundial. De 1944 a 1951, Sanger trabalhou em Cambridge, como associado, em pesquisa médica.

Quando Sanger entrou para o campo da bioquímica, as incertezas que a haviam atrapalhado por quase meio século estavam começando a se esclarecer. A grande quantidade de compostos da célula começava a ser classificada e entendida, e a relação “chave e fechadura” entre a enzima e o substrato, formulada por EMIL FISCHER [46], foi confirmada. As enzimas foram finalmente entendidas como proteínas, compostas por aminoácidos com funções específicas. Na realidade, tornava-se aparente que a composição de todas as proteínas incluía os aminoácidos. Uma das menos complexas, a insulina, era então intensamente estudada no laboratório de A. C.

Chibnall, em Cambridge, onde Sanger trabalhava, continuando suas pesquisas.

A insulina é um hormônio produzido nas células pancreáticas. Tem a função primordial de converter os hidratos de carbono em simples glicose de açúcar e de regular seu nível no sangue. Sem insulina suficiente, os seres humanos ficam diabéticos e morrem. Uma das mais famosas descobertas da medicina data de 1922, quando Frederick Banting e Charles Best usaram insulina purificada para tratar um jovem que sofria da diabete. Durante as duas décadas seguintes, a insulina foi produzida em forma cristalina, e seus vários aminoácidos foram identificados. Foi neste ponto que Sanger começou seu trabalho.

Com uma análise longa e de importância vital, Sanger determinou a ordem específica das duas cadeias ligadas dos aminoácidos da insulina. Para identificar os finais das cadeias, empregou uma solução, desde então chamada de reagente de Sanger. Mas a ordem dos aminoácidos, propriamente ditos, permaneceu invisível, até que ele descobriu como separá-los e analisá-los (como grupos de peptídeos de aminoácidos), através das manchas típicas que deixavam quando filtrados em papel. Por volta de 1955, depois de quase 12 anos de trabalho, Sanger conseguiu a análise completa da insulina cuja importância foi reconhecida imediatamente. Em 1958 recebeu o Prêmio Nobel de Química.

A descoberta da estrutura da insulina acenava um futuro promissor, a prazo, para a medicina; também teve repercussão imediata no campo da rápida expansão da biologia molecular. Provou — pela primeira vez e sem sombra de dúvida — que as proteínas são constituídas somente pela combinação de aminoácidos. Pouco depois, FRANCIS CRICK [33] articulou a idéia de que a maior função do material genético, o DNA, era produzir uma grande variedade de proteínas, cada uma com sua função específica. Então, entender exatamente como o DNA continha e disseminava as instruções para a formação de proteínas se tornou o grande desafio.

Um passo preliminar, antes que Sanger pudesse começar a pesquisa sobre os ácidos nucleicos, era decifrar o código genético. Por volta de 1961, as experiências mostraram que os vários trigêmeos, ou seja, grupos de três nucleotídeos, localizados ao longo dos

fios do DNA, constituíam-se em *códons*. Esses *códons* compõem os vários aminoácidos.³⁷ Um nucleotídeo é uma das bases, em conjunto com o açúcar e com o fosfato, que, em grupo, constituem um “degrau da escada” helicoidal. Eles, assim, constituem um conjunto de instruções para a montagem dos aminoácidos numa ordem específica. Quando completos de modo natural, fecham-se em si próprios e formam as proteínas. Um prolongamento específico de DNA, copiado num molde de ácido ribonucléico (ARN), gera esse conjunto de acordo com um princípio, algumas vezes escrito como: “DNA faz ARN, que faz proteína.” Não há como diminuir o significado dessa descoberta. Os seres humanos, medidos por seu peso corporal seco, têm 50% de proteína.

Em 1962, Sanger associou-se ao Laboratório de Biologia Molecular do Conselho de Pesquisa de Medicina, na Universidade de Cambridge. Estava pronto para começar o estudo do DNA e do ARN, depois de vários “anos pobres”, nos quais fez poucas contribuições originais. Ele e seus colegas de laboratório se propuseram a encontrar maneiras de analisar, ou colocar em seqüência, a ordem dos nucleotídeos que continham a informação genética. A pesquisa de Sanger, que levaria muitos anos, envolveu adaptar, adotar e desenvolver procedimentos para se poder ler a longa sucessão de bases num fragmento de ARN ou num simples fio de DNA.

Com a identificação de alguns dos processos moleculares complexos da química do DNA, novas estratégias para o seqüenciamento dos nucleotídeos tornaram-se possíveis. Assim, inicialmente, Sanger tinha somente métodos semelhantes aos que empregou com a insulina. Por volta de 1968, conseguira decodificar uma porção de ARN com 120 nucleotídeos, na época um recorde. Mas, técnicas muito mais seguras e menos complicadas eram necessárias. No início da década de 1970, em lugar de separar o DNA em fragmentos,

³⁷ Cada um dos vários *códons* é uma combinação das quatro bases do ARN: Uracil [U], Citosina [C], Adenina [A] e Guanina [G]. Assim, por exemplo, o aminoácido cisteína tem dois *códons*, UGU e UGC. (O DNA tem o mesmo código, mas a Timina [T] toma o lugar do Uracil.) Em conjunto, os *códons* compõem o código genético.

O nucleotídeo é uma das bases junto com um açúcar e fosfato, que, juntos, constituem um “degrau” de uma “escada” helicoidal.

Sanger começou a tentar criar uma cópia do fio de DNA, usando nucleotídeos identificados por radioatividade.

Sanger empregou vários métodos com esse sistema de formação continuada. Ao aplicar a polimerase do DNA, um catalisador então recentemente descoberto, a um fio de DNA e alimentando os vários nucleotídeos identificados por radioatividade, Sanger conseguiu sintetizar e identificar fragmentos ainda mais longos. Quando descobriu que poderia controlar a operação da polimerase do DNA se certas bases não estivessem presentes, Sanger inventou o que chamou de método “mais-menos” de seqüenciamento, que foi “a melhor idéia que jamais tive, pois era original e, no final, um sucesso”. Descobriu também que o seqüenciamento poderia ser governado ainda mais, usando bases alteradas quimicamente, como as ligações terminais na cadeia. O resultado foi um grupo de fragmentos de DNA ordenados e identificados, que podia, então, ser forçado através de um gel, usando um método que os separava eletricamente por comprimento. Em cada fragmento, os nucleotídeos eram claramente visíveis, como pequenas listas, segregadas em quatro linhas, cada uma, correspondendo a uma das bases. Em 1974, Sanger começou a usar estes e outros métodos para seqüenciar o Phi X174, vírus relativamente simples; quatro anos mais tarde, publicou a seqüência completa das 5.386 bases. Este foi o fio mais longo seqüenciado até aquela data e um dos pontos mais altos da carreira de Sanger. O progresso em seguida foi rápido e, depois, exponencial.

Em 1980, Sanger recebeu um segundo Prêmio Nobel em química, compartilhado com Walter Gilbert e Paul Berg, em reconhecimento pelo que prometia ser, na próxima década: uma revolução biológica. A habilidade de decodificar o DNA implicava novas técnicas para manipular o material genético de todas as maneiras, incluindo a preparação de genes específicos para produzir certas proteínas. Em 1982 o gene da insulina humana, inserido numa bactéria, passou a ser o primeiro de muitos produtos da tecnologia recombinante do DNA.

A perspectiva de seqüenciar completamente o genoma humano — um fio de DNA, com cinco pés de comprimento, e 50 bilionésimos de polegada de largura, contendo três bilhões de pares — ficou

em discussão durante a metade da década de 1980, e a possibilidade avançou rapidamente com a ajuda de métodos de seqüenciamento ainda mais velozes, mais sofisticados e mais automatizados. Nos Estados Unidos, tornou-se um projeto amplo e subsidiado pelo governo, dirigido durante certo período por JAMES WATSON [49]. Na metade da década de 1990, estava atraindo manchetes freqüentes, designado como “o código dos códigos”.

Frederick Sanger parou de fazer pesquisas originais em 1983; cinco anos mais tarde, com 70 anos de idade, aposentou-se do laboratório e recolheu-se em casa, na vizinha Swaffam Bulbeck. Apesar de não ter tido expectativas de se aposentar tão jovem, “a possibilidade parecia surpreendentemente atraente, sobretudo devido a nosso trabalho ter chegado a um clímax com o método de seqüenciamento do DNA; na verdade, senti que continuar seria algo como um anticlímax”. Cuida de seus jardins, veleja e vive a vida com sua mulher Margaret Joan Howe, com quem se casou em 1940 e teve três filhos.



Lucrecio & o Pensamento Científico

(c. 98 – 55 a.C.)

O único trabalho ainda existente de Lucrecio, um grande poeta romano da Antigüidade, é um poema longo e didático que ressoa como um pensamento científico entendido nos dias de hoje. A sensibilidade cética e interrogativa de Lucrecio perdeu-se para o dogma cristão durante a Idade Média, mas, quando uma única cópia maltratada do *De rerum natura* apareceu na Itália em 1417, ele reentrou na História e com razoável força. Lucrecio foi responsável por trazer para a Europa da Renascença uma fusão do pensamento do epicurismo e também do atomismo de Demócrito. Exerceu influência sobre os filósofos mecânicos, sobre ISAAC NEWTON [1] e sobre muitos personagens do Iluminismo.

Nada substancial se conhece da vida de Titus Lucretius Carus. Entrou na maioridade durante o reinado do cruel e perigoso Sula e viveu para testemunhar a subida, mas não o assassinato de Júlio César. Uma visão geral desse período da história romana, que aparece nos trabalhos de Lucrécio, é que a classe dominante perdera muito de sua antiga integridade e tornara-se conhecida por seu caráter egoísta e arrogante. Além disso, uma população urbana significativa e oprimida havia aparecido, e o banditismo era disseminado. Lucrécio tinha cerca de vinte anos, quando Espartaco, o gladiador e rebelde, liderou a rebelião dos escravos fugitivos. O senador romano Cícero, que havia sido forçado a se exilar e que se dedicava à literatura, escreveu em carta a seu irmão, em torno de 55 a.C., que os poemas de Lucrécio “mostram muito de gênio e também muito de arte”.

O *De rerum natura* é dirigido a um político, o pretor Memmius e, mais tarde, governador da Bitínia, que diziam não ter boa reputação e não ser digno da poesia de Lucrécio. É, em grande parte, uma repetição da filosofia de Epicuro (341-271 a.C.), o pensador grego que havia sido influenciado por Demócrito (c. 470-360 a.C.), o fundador do atomismo.³⁸ Em seis livros, Lucrécio toca na teoria atômica, fornece uma psicologia e, também, uma teoria sobre o cosmos e sobre os fenômenos naturais. Apesar de ser impossível dar toda a gama do pensamento de Lucrécio, entre suas proposições encontram-se as seguintes:

1. O mundo é composto de átomos, que estão em constante movimento.
2. Os objetos, que podem ser vistos e tocados, são feitos de compostos de diferentes tipos de átomos; e somente certos compostos podem existir.
3. O universo teve um começo e terá um fim em alguma época futura.

³⁸ Epicuro tem a fama de ter sido o autor de algo como 300 trabalhos, mas desses existem somente fragmentos. Demócrito também foi prolífico, mas pouco restou de seus 72 livros. Serve para frisar que a forte influência que possa ser dada a Lucrécio — e mesmo sua inclusão neste livro — é devida não à sua originalidade, mas à beleza de seus versos e à sua publicação na Europa renascentista.

4. A mente e o corpo não são entidades separadas, mas sim uma única substância corporal.

5. A mente nasce e deverá morrer; não existe vida após a morte; a imaginação do inferno é uma projeção do sofrimento passado na Terra.

6. As plantas e os animais cresceram na Terra, apesar de nem todas as espécies sobreviverem.

7. A superstição é derivada da ignorância.

Lucrécio parece excepcionalmente moderno porque seu pensamento formula-se não teologicamente, ou seja, não coloca nas coisas e nos eventos uma meta superior ou um propósito ideal. “Você não deve imaginar”, escreveu Lucrécio, “que as órbitas luminosas de nossos olhos foram criadas com um propósito, [ou que] nossos braços foram construídos com fortes ombros e mãos úteis, fixadas de cada lado para permitir que pudéssemos fazer o necessário para sustentar a vida.” Na realidade, ele enfatiza, “o que nasceu, cria o uso. Não havia visão antes que nascessem os olhos, nem fala antes que a língua fosse criada”. O pensamento não teológico, uma recusa de dar uma intenção subjacente às coisas, é básico e necessário para o pensamento científico, que, do contrário, se torna dogma e não pode mais avançar. O pensamento teológico, em contraste, é uma característica de todo o pensamento pré-científico na Europa e continua a distinguir a chamada ciência da criação.

Na biologia, Lucrécio avançou a teoria da origem das espécies, da seleção natural e da hereditariedade de tendências específicas. “Pode também acontecer, algumas vezes, que as crianças tenham as características de seus avós ou se lembrem dos traços de seus bisavós”, escreveu Lucrécio. “Isso porque os corpos dos pais, muitas vezes, preservam uma quantidade de sementes latentes, agrupadas em muitas combinações, que se derivam da cepa ancestral, passada de geração em geração.” Entretanto, Lucrécio não tinha noção da evolução das espécies, e seria surpreendente que tivesse, sem ter sido exposto, como foi Darwin, a um mundo mais amplo, repleto de plantas e de animais, bem como dos que os geraram.

O *De rerum natura* é uma obra que pode ser considerada como tendo mudado a história do mundo. Foi, entretanto, efetivamente perdida para o pensamento europeu até que o humanista italiano

Gian Francesco Poggio descobriu uma única cópia, bem deteriorada, num convento alemão, no início do século XV. Lucrécio foi publicado e estudado durante a Renascença e, apesar de ter sido atacado por não ser religioso, o *De rerum natura* nunca foi formalmente banido pela Igreja Católica. Seus admiradores aumentaram durante o século XVI, e ele foi um personagem importante para os pensadores do Iluminismo. Sua importância para o pensamento científico somente aumentou com a redescoberta da teoria atômica no século XIX por JOHN DALTON [74].

Lucrécio tinha muitos admiradores na literatura, de Virgílio no século I d.C. até Voltaire, no século XVIII. Em 1924 ALBERT EINSTEIN [2] elogiou o gênio de sua mente inquisitiva, numa introdução feita para uma edição alemã de seu trabalho. “Apesar de não ter sido um cientista, no sentido moderno do termo”, escreveu George Hadzsits, mais recentemente, “sua pesquisa pelas leis que governam o universo e sua fé nelas estabeleceram [para Lucrécio] uma posição privilegiada... Ele era... um grande aventureiro, que procurava o objetivo de toda a pesquisa científica, a liberdade do controle pela natureza, a liberdade do controle preocupante da ignorância, da superstição e do medo.” Não é demais dizer — mesmo correndo o risco de parecer didático, hagiográfico ou membro do Partido Liberal — que, se Lucrécio fosse lido e discutido por todas as crianças em idade escolar nos dias de hoje, o mundo seria um lugar melhor.



John Dalton & a Teoria do Átomo

(1766 – 1844)

Lá pelo final do século XVIII, ANTOINE LAURENT LAVOISIER [8] havia esclarecido o conceito de elemento, e a química deixou para trás, completamente, seu passado de alquimia. As experiências mostravam claramente que os vários elementos conhecidos — oxigênio, carbono, hidrogênio; menos do que 12 em sua totalidade — se combinavam em proporções constantes e definidas. Mas o modelo físico, por trás desse fenômeno, não foi entendido, até que, em 1803, John Dalton propôs serem os próprios elementos feitos de átomos — “partículas sólidas, com peso, duras, impenetráveis e móveis”. Apesar de ter sido descrito como um gênio autodidata

pelos biógrafos do século XIX, John Dalton não é considerado como um experimentador formidável; sua tendência mental teórica era rígida, e suas teorias nem sempre prosperavam. Mas era um cientista britânico muito querido, e seu trabalho representou um avanço importante para a química e uma previsão de futuro para a física moderna; “uma ponte”, escreveu o historiador de ciência, William H. Brock, “entre os dados experimentais e os átomos hipotéticos”.

John Dalton nasceu no dia 5 ou 6 de setembro de 1766, em Eaglesfield, uma pequena aldeia, perto de Cockermouth, no condado de Cumberland, na Inglaterra. Seu pai, Joseph Dalton, tinha o ofício de tecelão e era *quaker*; sua mãe vinha de uma família abastada. Cursou a escola local e, com 12 anos, quando o mestre-escola se aposentou, o jovem Dalton começou a ensinar em seu lugar. Elihu Robinson, um abastado *quaker* local, com boa educação e seu parente distante, o encorajou e o encaminhou para as ciências.

Em 1781, com 15 anos, Dalton mudou-se para Kendall, onde ensinou no internato por cerca de 12 anos. Durante esse período, estudou matemática e ciências naturais com John Gough, que, apesar de cego, era um eloqüente filósofo, e foi descrito por William Wadsworth no poema *Excursão* (“Penso que o vejo agora, suas pupilas se movendo sob sua ampla frente”). Encorajado por Gough e pelo clima caprichoso do campo inglês, Dalton manteve um diário das condições do tempo desde 1793 até quase sua morte; seu primeiro trabalho, publicado em 1793, foi o livro *Observações e Ensaios Meteorológicos*. As observações de Dalton sobre as mudanças das condições do tempo podem não ter sido relacionadas com sua teoria atômica posterior; ele podia imaginar, por exemplo, como o vapor d’água não se misturava com o ar, mas se dispersava na atmosfera sob a forma de partículas para se condensar, formando nuvens, e retornar à superfície da terra, como precipitação.

Em 1793, Dalton aceitou um cargo no New College, em Manchester, uma cidade que se expandia rapidamente e estava se tornando o centro da Revolução Industrial. Associou-se à Sociedade Filosófica e Literária de Manchester, um círculo científico de grande importância, que lhe ofereceu o meio apropriado para a continuação de seus estudos. Em 1794, publicou o primeiro estudo sério da

cegueira das cores — chamada, muito tempo depois, de *daltonismo* —, uma condição da qual sofriam tanto ele quanto seu irmão. Por volta de 1799, Dalton desistiu de seus deveres formais de professor no New College e começou a se sustentar de aulas particulares para filhos e filhas de famílias de classe média, em expansão em Manchester. Parecia ser um professor interessado; publicou o livro *Elementos da Gramática Inglesa*, em 1801, pouco antes de sua carreira científica realmente se iniciar.

Dalton apresentou a Teoria dos Átomos, pela primeira vez, com algum detalhe, numa conferência em 1803. A teoria dependia de seu estudo sobre as propriedades dos gases que muito havia ocupado os cientistas durante o século anterior. Os elementos, que se combinam para formar os vários gases, sugeria Dalton, são feitos de partículas atômicas pequenas, indestrutíveis e com pesos definidos, envoltas por uma quantidade variável de calor. Cada tipo de átomo tinha um peso diferente e representava um elemento diferente; sob certas condições, os elementos se combinam para criar o que ele chamava de “átomos compostos”. Assim, a água — como Lavoisier ajudou a descobrir — era um átomo composto de cerca de 12 partes de hidrogênio e 87 de oxigênio, numa relação de mais ou menos sete para um. Dalton sugeriu que essa proporção constante era devida a seus pesos relativos. O hidrogênio, sendo o mais leve dos gases conhecidos, foi eleito por Dalton como o átomo unitário de seu sistema, dando a ele o peso de 1; assim, o oxigênio teria o peso de 7.

Dalton continuou até fornecer os pesos atômicos relativos para todos os elementos conhecidos. Ao fazer isso, ajudou a esclarecer muito da literatura experimental da química. Apesar de a Teoria Atômica ser somente um breve capítulo no livro *Um Novo Sistema de Filosofia Química*, publicado em 1808, este foi logo reconhecido como um trabalho seminal.

Os historiadores de ciência vêm, há muito tempo, sendo reticentes sobre o valor final da teoria de John Dalton. Apesar de sua influência ter sido sentida por meio da química, os átomos sofreram com um certo ceticismo durante todo o século XIX, parcialmente devido ao “átomo composto” de Dalton, que não era o mesmo do conceito de molécula, que apareceu mais tarde. A estimativa de

Dalton propunha que as ligações seriam formadas somente entre átomos de tipos diferentes. Isso era atraente, mas equivocado. Os átomos de um mesmo elemento podem se combinar para criar moléculas simples, e as moléculas simples se combinam para criar moléculas complexas. Desde 1811, Amedeo Avogadro havia proposto tal teoria, sugerindo que volumes idênticos de gás devem conter o mesmo número de moléculas, quando estiverem com a mesma pressão e temperatura. Isso mostraria que a molécula de água, por exemplo, é composta de dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. Entretanto, a lei de Avogadro não foi reconhecida até cerca de 1860; somente depois dessa época o conceito de molécula ganhou atenção.

Depois de 1810, Dalton não produziu nenhum grande feito, mas continuou a fazer experiências, a escrever e a rever o seu trabalho. Enquanto continuava a ensinar, tornava-se um personagem importante do mundo científico. Em 1817 foi nomeado presidente da Sociedade Filosófica e Literária de Manchester, posição que manteve até sua morte. Eleito para a Real Sociedade em 1822, no mesmo ano fez uma viagem à França, onde se encontrou com os maiores cientistas daquele país. Em 1826, recebeu a Medalha Real, “por ter promovido os objetivos e o progresso da ciência, e por ter acendido a competição honrosa entre os filósofos”.

Nos anos finais, Dalton não se manteve a par dos avanços da química; por volta de 1830, suas forças mentais estavam em declínio. Havia criado seu próprio sistema pictográfico de símbolos químicos e nunca se reconciliou com os sistemas mais simples e mais informativos introduzidos por Jacob Berzelius. Na verdade, no decorrer de uma discussão irritada sobre o sistema proposto em 1837 por Berzelius, Dalton teve o primeiro dos dois derrames que sofreria. Em 27 de julho de 1844, um empregado o encontrou caído, atravessado na cama, com a cabeça no chão. Dalton era um herói da Inglaterra e da ciência britânica; cerca de 40 mil pessoas compareceram para homenageá-lo, enquanto era velado na prefeitura de Manchester. Nunca se casou, talvez não por falta de desejo, mas porque não teve segurança financeira até chegar à meia-idade.

A importância da Teoria Atômica não necessita ser vangloriada nos dias de hoje, como escreveu o biógrafo de Dalton, Frank

Greenaway, pois com ela “fizemos novos materiais, utilizamos novas fontes de energia, derrotamos uma doença após a outra e chegamos a avistar o mecanismo da vida”. Ele acrescenta que John Dalton “não foi inteiramente quem deu esse presente à humanidade, mas foi quem entregou o presente, que levou muito tempo até chegar a ele”, desde a filosofia antiga dos gregos, e que se transformou no átomo da ciência do século XIX.



Louis Victor de Broglie & a Dualidade das Ondas/Partículas

(1892 – 1987)

Ao mostrar que a matéria, numa escala atômica, tem propriedades tanto de ondas, como de partículas, o príncipe Louis Victor de Broglie, em meados da década de 1920, lançou os fundamentos para uma teoria madura da mecânica quântica. Suas equações, confirmadas por experiências logo após terem sido propostas, abriram o caminho para a formulação da Teoria do Átomo, muito próxima da teoria que conhecemos hoje. Entretanto, do mesmo modo que ALBERT EINSTEIN [2], em quem mais se inspirou, De Broglie não se importava muito com a forma final da mecânica quântica de ondas, nem com sua interpretação estatística do micromundo. Tornou-se,

na parte final de sua carreira, uma presença venerável, mas com velhos dentes afiados: “Hoje, no outono de minha vida”, escreveu, na verdade, duas décadas antes de sua morte, “... não acredito que o enigma haja sido realmente resolvido”. Para a maioria dos físicos não há nenhum enigma, e o trabalho do próprio De Broglie é uma das razões para tal afirmativa.

Proveniente de uma família piemontesa da nobreza hereditária, Louis Victor Pierre Raymond de Broglie nasceu em 15 de agosto de 1892, em Dieppe, no norte da França. O mais novo de cinco filhos contava entre seus ancestrais com Madame de Staël, a grande escritora, e com o pai desta, Jacques Necker, o famoso financista e estadista de Luís XVI. Sua mãe era Pauline D’Armaille; seu pai, o duque Victor de Broglie, pertencia ao Parlamento francês. Foi educado, inicialmente, em casa e, em seguida, no Lycée Janson de Sailly, em Paris. Com apenas 18 anos, De Broglie recebeu sua *licence*, o equivalente aproximado a um diploma americano de bacharel em história, pela Sorbonne. Continuou na universidade, planejando estudar advocacia, mas foi logo influenciado por Henri Poincaré a se dedicar à ciência e à matemática. Por intermédio de seu irmão mais velho, Maurice, um conhecido físico, De Broglie tomou conhecimento da relatividade e da nova Teoria Quântica. “Eu tinha 19 anos de idade”, escreveu mais tarde, “quando senti nascer em mim uma vocação para a física teórica.” Logo estava lendo e descobrindo as teorias de MAX PLANCK [25] e de ALBERT EINSTEIN [2] e dando considerável atenção aos principais novos avanços teóricos da física. Recebeu uma segunda *licence* em ciências em 1913.

Durante a Primeira Guerra Mundial, De Broglie serviu, por um longo período, nas Forças Armadas. Foi designado para a unidade de radiotelegrafia, que tinha seu comando central na Torre Eiffel, e por cerca de seis anos não estudou física. Entretanto, familiarizou-se com o sistema sem fio, durante o período em que se desenvolveu o rádio de ondas curtas. Depois da guerra, De Broglie voltou para o laboratório do irmão e, nos anos seguintes, de 1920 até cerca de 1924, engajou-se em seu trabalho mais importante. Sua pesquisa, realizada no laboratório de Maurice, que essencialmente tinha a ver com uma investigação sobre os raios X e com o efeito fotoelétrico, colocou-o em contato com os recentes resultados experimentais da

Teoria Atômica; seus primeiros artigos datam desses anos. Mas também ocupou um tempo considerável para refletir sobre as implicações teóricas da teoria quântica.

O problema que De Broglie enfrentou foi o da natureza final da matéria, numa época em que a nova Teoria do Átomo, desenvolvida por NIELS BOHR [3] e ERNEST RUTHERFORD [19], tanto prometia quanto frustrava os físicos. Bohr havia apresentado uma visão engenhosa do átomo, na qual os elétrons se ocupavam e pulavam fora das órbitas definidas em torno de um núcleo, o que não se coadunava com os vários resultados experimentais. Esse fato era uma infelicidade, porque o modelo de Bohr representava um claro progresso na Teoria Atômica. O átomo de Bohr-Rutherford, por exemplo, prometia a primeira explicação substancial da tabela periódica dos elementos, enquanto medidas experimentais, ao mesmo tempo, mostravam erros em partes importantes da tabela.

Sua tese de doutorado, *Investigações sobre a Teoria Quântica*, contém o conceito básico de sua teoria sobre a mecânica de ondas. Está baseada em dois artigos que ele havia escrito em 1923. A inspiração para essa teoria de De Broglie foi em parte o trabalho matemático sobre a refração feito no século XIX, por William Rowan Hamilton, e em parte também a percepção de Einstein, em 1905, de que as ondas de luz sob certas condições se comportam como partículas. Se isso é verdadeiro, pensou De Broglie, será que as partículas poderiam se comportar como ondas? E ele argumentou mais tarde: “Depois de longa reflexão, em isolamento e meditação, subitamente tive a idéia, durante o ano de 1923, de que a descoberta, feita por Einstein em 1905, deveria ser generalizada e aplicada por extensão para todas as partículas materiais e, notadamente, para os elétrons.”

Essa idéia sedimentou-se pela proposta, ainda mais básica, feita por Einstein, de que tanto a massa como a luz são formas de energia. De Broglie elaborou a hipótese de que toda a matéria elementar pode parecer se comportar tanto como partícula, quanto como onda. Colocou essa idéia numa fórmula matemática, e quando seu examinador, Paul Langevin, enviou uma cópia dessa tese para Einstein, este imediatamente entendeu seu significado. “Leia”, disse

Einstein a MAX BORN [32]. “Mesmo que possa parecer loucura, é absolutamente sólida.”

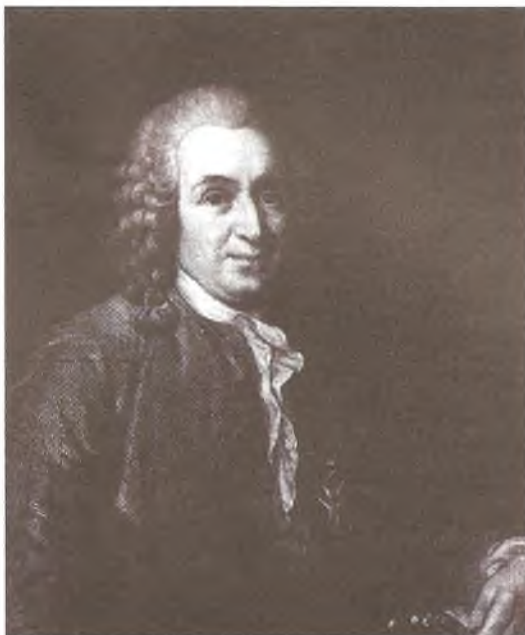
Teoricamente, suas equações formam a pedra fundamental da mecânica de ondas, desenvolvida por ERWIN SCHRÖDINGER [18] dois anos mais tarde, em 1926. Do ponto de vista experimental, e mesmo com o *imprimatur* de Einstein, a idéia proposta por De Broglie parecia tão estranha que inicialmente causou alguma confusão. Entretanto, os físicos americanos, Clinton Davisson e Lester Germer, conseguiram ler a totalidade dos artigos de Schrödinger sobre a mecânica de ondas. Suas experiências feitas no Bell Telephone Laboratories em 1927, nas quais examinaram o que acontece quando raios de luz incidem sobre um alvo feito de níquel, confirmaram o trabalho feito por De Broglie. Mostraram que os elétrons possuem duas propriedades de ondas, a difração e a interferência; e a amplitude dos comprimentos de onda estava precisamente relacionada à energia da partícula.

De Broglie não compartilhava do ponto de vista da maioria dos físicos quânticos, no debate filosófico que se desenvolveu no final da década de 1920. Ao admitir a beleza matemática e o rigor do que é chamado de “a interpretação de Copenhague” sobre a mecânica quântica, De Broglie permaneceu ligado aos princípios causais. Gastou um bom tempo tentando provar que a partícula era, na verdade, a onda localizada. Nunca teve sucesso, entretanto, e admitiu que essa tese tinha falhas.

Em 1929, De Broglie recebeu o Prêmio Nobel de Física. Havia começado a ensinar física, um pouco antes, na Universidade de Paris, e o prêmio foi um excelente estímulo para sua carreira. Tornou-se professor de física em 1932 e veio a associar-se ao Instituto Henri Poincaré, um ano mais tarde. Lá permaneceu até sua aposentadoria em 1962. Estava interessado em física aplicada, e inúmeros de seus trabalhos posteriores têm a ver com problemas práticos referentes à energia atômica e a aceleradores de partículas, à ótica e à cibernética.

Tornou-se um personagem reconhecido e influente na ciência francesa — parte de um pequeno panteão de grandes físicos daquele país. De Broglie escreveu vários livros, tanto para as audiências científicas quanto para as audiências laicas.

Alguns deles foram traduzidos para o inglês: *A Matéria e a Luz*, de 1937; *A Revolução na Física*, de 1953; *A Interpretação Atual da Mecânica de Ondas*, de 1964; e, no final da vida, *O Quantum, o Espaço e o Tempo*. De Broglie morreu a 19 de março de 1987.



Carl Linnaeus & a Nomenclatura Binomial

(1707 – 1778)

Durante o Iluminismo, Carolus Linnaeus, médico e botânico sueco, deu partida a um movimento que levou à taxonomia racional do mundo natural. Os animais e as plantas ainda são classificados de acordo com o sistema binomial criado por Linnaeus e promulgado por seus estudantes, alguns dos quais viajaram pelo mundo para colecionar e nomear novas espécies. Apesar da capacidade científica limitada do “príncipe dos botânicos” e de não ter tido o grande brilho de um Conde de Buffon, combinava com seu zelo classificatório uma imaginação sensual e poética,

além de possuir considerável lucidez. “Quem quer que seja que conheça algo sobre a taxonomia, antes de Linnaeus”, escreveu seu biógrafo Heinz Goerke, “concordará, sem hesitar, com a grande importância de seus escritos sistemáticos no desenvolvimento das ciências naturais, no século XVIII.” Seu trabalho “marca uma época na história da ciência”.

Carolus Linné — seu nome na Suécia — nasceu em 23 de maio de 1707, em Raschult, uma cidade na Suécia meridional. Sua mãe era Christiana Brodersonia; seu pai, originalmente Nils Ingemars-son, adotara o nome de Linné, enquanto fazia seus estudos teológicos. Nils Linné tornou-se um pastor, com interesses em jardinagem, e Carl logo ficou conhecido como o pequeno botânico. Não foi surpresa que, ainda criança, Carl tenha lido a *Historia Animalium*, de Aristóteles, mas não conseguiu ser um aluno muito aplicado, depois que entrou para uma escola de latim em 1717. Um de seus professores até sugeriu que ele deveria talvez ser colocado como aprendiz de sapateiro. Entretanto, depois de receber influência de seu professor de física e colocando de lado as esperanças paternas de que se tornasse ministro, Linné entrou para a escola de medicina. Em 1727, começou a estudar na Universidade de Lund, transferindo-se no ano seguinte para a Universidade de Uppsala, onde foi acolhido como amigo por Olaf Celsius, um botânico (e também tio do astrônomo que inventou o termômetro centígrado) que encorajou Linnaeus — apesar de este nominalmente ser um estudante de medicina — a estudar o mundo natural.

Em 1732, Linnaeus fez uma expedição à Lapônia, acima do círculo Ártico. Ele já havia reconhecido a necessidade de um sistema para classificar o mundo natural; por cinco meses colecionou plantas e descreveu em detalhe os pássaros, insetos e outros animais que ali encontrou. Seus estudos sobre os minerais da Lapônia permitiram que fizesse conferências sobre o assunto, no ano seguinte. Seu livro *Flora Lapponica* foi publicado em 1737.

A fama de Linnaeus inicia-se nos anos que passou fora de seu país, na Holanda. Mudou-se para lá na intenção de obter seu diploma de médico, uma exigência dos pais de Sara Lisa Moraea, a mulher com quem queria se casar. Linnaeus aproveitou a oportuni-

dade para visitar importantes cientistas holandeses, que ficaram impressionados com seu conhecimento de botânica. Em consequência, publicou em 1735 a primeira edição, bem curta, do *Systema Naturae*. Durante o quarto de século seguinte, o livro sofreu constantes revisões, aumentando de 15 páginas para 1.300, por volta de 1758. Assim, num breve panfleto, Linnaeus, ainda na juventude, expôs, como escreve Daniel J. Boorstin, “uma perspectiva do trabalho de sua vida e da moderna biologia sistemática”.

Não obstante ter um estilo altamente poético e não estar livre do pensamento religioso, o argumento básico de Linnaeus pertence ao pensamento do Iluminismo e à era da descoberta. A clareza é sua qualidade mais proeminente. Em *Systema Naturae*, Linnaeus distingue os minerais, que têm corpo, mas sem vida ou sensações, das plantas e animais. As plantas têm corpos e são seres viventes, mas não possuem as sensações. Os animais também possuem as sensações juntamente com o poder da locomoção. A humanidade, que possui intelecto, pode vir a conhecer todos esses corpos e pode distingui-los por nome. Linnaeus providenciou a nomenclatura que coloca um animal ou uma planta em uma *classe*, *ordem*, *gênero*, *espécie* e *variedade* particular. As seis classes de animais, por exemplo, são os mamíferos, os pássaros, os anfíbios, os peixes, os insetos e os vermes.

Fica fácil perceber por que personagens eminentes, tais como Johann Friedrich Gronovius e Isaac Lawson, ficaram impressionados com Linnaeus, pois a inteligibilidade de seu sistema era excepcional, e seus dados, muito extensos. Durante os anos seguintes, com a ajuda de patrocinadores, Linnaeus publicou trabalhos sobre os fundamentos da botânica, sobre vários gêneros de plantas e outros livros. Em 1739, Linnaeus recebeu o *imprimatur* de Antoine Jussieu, o médico e botânico francês, diretor do Jardin des Plantes.

A nomenclatura binomial está associada ao sistema lineano e nomeia animais e plantas de acordo com o gênero e a espécie. Assim, o leão montanhês é o *Felis concolor*; o gato doméstico, *Felis domesticus*, e o leão, *Felis leo*. O nome da espécie era, algumas vezes, descritivo, e apesar de Linnaeu estar pressionado para encontrar nomes latinos, quando recebia espécimens novos de

naturalistas amadores, quase sempre honrava o descobridor. Tornou-se honra para um cavalheiro, ou para um botânico ou zoologista profissional, ter uma espécie indicada, com seu nome, por Linnaeus.

Talvez o aspecto mais intrigante do pensamento de Linnaeus seja sua raiz na metáfora sexual. Vem dos anos iniciais de sua carreira, quando apresentou e impressionou muito seu mentor Celsius com um artigo intitulado *As Preliminares do Casamento das Plantas*, no qual ele assemelhava o estame da flor, ao noivo, e o pistilo, à noiva. De modo geral, Linnaeus fez do sistema reprodutivo a parte principal de seu sistema de classificação. Alguns dos termos, tirados do grego ou do latim, tinham conotações sexuais que se aplicavam, de maneira poética ou morfológica, ao aparelho reprodutivo das plantas. As plantas com dois grupos de estames, por exemplo, constituem a classe *Diadelphia*, que deriva do latim para “irmandade de maridos”. Na discussão da cobertura exterior de uma planta, escreveu que o cálice “pode ser equiparado ao *labia majora* ou ao prepúcio”, enquanto que a corola era o *labia minora*. Apesar de sua imaginação sexual não ter diminuído sua reputação, o botânico Revmo. Samuel Goodenough referiu-se ao “prurido pesado da mente de Linnaeus”, e Goethe tinha preocupações de que as mulheres e as crianças em idade escolar não fossem expostas quanto a esse aspecto de seu pensamento. A barreira contra o conhecimento das mulheres diminuiu, mas, mesmo nos dias de hoje, quando Linnaeus é ensinado na escola, a natureza sexual de sua nomenclatura não é mencionada. Ele é também censurado, *a fortiori*, pela ignorância, pois o latim só é ensinado atualmente a poucas crianças.

Linnaeus tornou-se excepcionalmente famoso por seu sistema de classificação. Foi casado com uma mulher dominadora e não teve uma vida doméstica tranqüila; mas na universidade “suas conferências eram assistidas por centenas”, escreveu Grant G. Cannon, “e suas excursões de campo eram paradas alegres e completas, com tambores e trombetas. No final do dia, seus alunos estavam acostumados a se reunir em volta de sua casa e gritar: *Vivat scientie! Vivat Linnaeus!*”. Tornou-se nobre em 1761. Em 1774 sofreu o primeiro de vários derrames, que descreveu como

a “mensagem da morte”, e um segundo derrame, quatro anos mais tarde, o paralisou. Morreu em 10 de janeiro de 1778 e está enterrado na catedral de Uppsala.





Jean Piaget

& o Desenvolvimento da Criança

(1896 – 1980)

O estudo do desenvolvimento cognitivo da criança começa no século XX, com Jean Piaget, o psicólogo suíço. Por meio da observação e da experimentação, durante uma carreira longa e prolífica, Piaget formulou uma teoria utilitária, baseada em “estágios”, que mostra como da infância à adolescência as crianças adquirem as operações do pensamento que gradualmente permitem que manipulem conceitos abstratos e idéias concretas. Por longo tempo associado com o Institut Jean-Jacques Rousseau, em Genebra, Piaget era um personagem moderadamente carismático, cuja reputação sobreviveu e floresceu depois de sua morte. Teve considerável

preponderância na educação e alguma influência salutar na teoria psicanalítica; mas de maior importância foi seu trabalho ser um componente decisivo no nascimento da nova psicologia cognitiva a partir da década de 1960. Existe o consenso, escreveu Morton Hunt, de que Piaget “foi o maior psicólogo infantil do século XX... O que fez seu trabalho tão influente foi, em parte, a beleza e o poder da linguagem de sua teoria e, em parte, as muitas descobertas excepcionais feitas através de pesquisas detalhadas”.

Jean Piaget nasceu em 9 de agosto de 1896, no cantão suíço francês de Neuchâtel. Sua mãe vinha de um ambiente extremamente religioso e calvinista, enquanto o pai, Arthur Piaget, era um professor cético e medievalista. Em criança, Jean foi sério e teve um interesse precoce pela Natureza. Com cerca de 11 anos, elaborou um relatório de três parágrafos sobre o pardal albino, que havia observado num parque, publicado num jornal local que cobria assuntos ligados à Natureza. Protegido pelo curador do museu da localidade, desenvolveu pesquisas com moluscos e, com 16 anos, publicou o primeiro de muitos artigos sobre esses invertebrados no *Journal de la Conchycologie*. Nesse meio-tempo, Piaget se saiu bem no liceu progressivo que freqüentava. Em 1914, foi para a Universidade de Neuchâtel, pela qual recebeu o doutorado, em 1918, com uma monografia sobre a distribuição dos moluscos nos Alpes suíços. O pensamento biológico — especificamente o relativo à embriologia e à teoria evolucionária da virada do século — tornou-se um aspecto duradouro do estilo de investigação de Piaget.

Em Zurique, depois da Primeira Guerra Mundial, Piaget estudou psicologia experimental. Assistiu às conferências dos psiquiatras Eugen Bleuler e Carl Jung e ficou influenciado pelo uso da entrevista clínica para obter informações dos pacientes. Piaget logo foi para Paris, onde começou a trabalhar com Théodore Simon, o antigo colaborador do falecido Alfred Binet, que havia inventado o teste de inteligência. Solicitado por Simon para fazer um trabalho de padronização sobre itens de um teste que Cyril Burt, o psicólogo inglês, estava fazendo com as crianças na Inglaterra, Piaget notou padrões em certas respostas errôneas. “Foi nesse ponto”, como notou David Cohen, “que Piaget mostrou ter uma aptidão extraordinária.” Para descobrir como e quando as crianças passam a

acreditar em idéias tão simples, tais quais, digamos, a equivalência das operações $3+2$ e $2+3$, Piaget decidiu fazer experiências.

Desde cedo em sua carreira, Piaget tinha algum interesse pelas teorias de SIGMUND FREUD [6] — apesar de, mais tarde, passar a não gostar de discutir emoções — e publicou alguns artigos sobre a psicanálise e outros tópicos, no *Archives de Psychologie*, publicado na Suíça. Isso provocou um convite, em 1921, para chefiar o Institut Jean-Jacques Rousseau, um instituto pedagógico em Zurique. Ali, Piaget começou suas pesquisas com os alunos do jardim de infância do instituto, observando e entrevistando as crianças pequenas, da idade de quatro a seis anos, e analisando as respostas às perguntas feitas. Seu primeiro livro sobre psicologia infantil foi publicado em 1924, traduzido dois anos mais tarde para o inglês, como *Linguagem e Pensamento da Criança*. Uma série de livros apareceu durante a década de 1920, como *O Julgamento e o Raciocínio na Criança*, *O Conceito do Mundo pela Criança* e *O Conceito da Criança sobre a Causalidade Física*. Famoso aos 30 anos de idade, Piaget fez uma apresentação à Sociedade Psicológica Britânica em 1927.

O que Piaget descobriu é essencialmente que as crianças não raciocinam da mesma maneira que os adultos, e somente de forma gradual abandonam seus sistemas “primitivos” de crenças, específicos da idade. Em idades diferentes, as crianças acreditam, por exemplo, que qualquer coisa que se mova está viva; que os sonhos vêm de fora; que tudo tem um propósito. O abandono gradual desses pontos de vista é um processo em estágios e envolve uma série de padrões cognitivos que Piaget identificou como “invariantes funcionais”. A *acomodação* é uma dessas invariantes e representa a tendência da pessoa de se adaptar às imposições da realidade. Piaget propôs a *assimilação*, como outro termo geral, e referia-se à sua teoria como “um modelo de assimilação-acomodação”.

A assimilação, chamada assim por causa de um termo que Piaget pediu emprestado à fisiologia, é o processo pelo qual uma criança incorpora os aspectos do mundo exterior no desenvolvimento da estrutura intelectual. Piaget, por sua vez, nomeou várias formas ou métodos de assimilação. Através de ações repetitivas, de discriminação pelo reconhecimento, de generalização através de processos e de operações mentais “recíprocas” — visão e tato, por exemplo —

os bebês e as crianças gradualmente constroem uma visão mental do mundo, juntamente com uma teoria geral de como ele opera.

A relação do pensamento infantil com o discurso filosófico não foi esquecida por Piaget, que admirava muito a teoria de Kant sobre o conhecimento e se referia a seus próprios estudos como “epistemologia genética”. Uma reunião, no ano de 1928, com ALBERT EINSTEIN [2], em que foi apresentada uma série de sugestões para futuras pesquisas, levou Piaget a sua obra de 1946, *O Conceito do Tempo pela Criança*.

As teorias de Piaget foram elaboradas e se modificaram no decorrer de muitos anos. Finalmente, ele distinguiu quatro estágios básicos do desenvolvimento cognitivo, que vão do nascimento até a adolescência. No *Estágio Sensório-Motor*, do nascimento até cerca de dois anos, as crianças gradualmente adquirem a capacidade de perceber e de desenvolver comportamentos pelos quais podem manipular a percepção. Piaget chama o estágio que vai dos dois aos sete anos de *pré-operacional*, durante o qual as crianças adquirem a linguagem e uma representação básica do mundo. Permanecem, entretanto, egocêntricas e não conseguem tomar o papel de outra. No estágio de *operações concretas*, dos sete anos até a adolescência, as crianças podem aprender a contar, colocar os objetos em ordem e pensar sobre conceitos. Suas limitações são relacionadas com o pensamento abstrato. O estágio das *operações formais* começa aos 12 anos ou em torno dessa faixa de idade e representa uma forma basicamente madura de pensamento.

Apesar de Piaget ter tido inicialmente a expectativa de que os estudos sobre as crianças levariam quatro ou cinco anos, eles passaram a dominar uma carreira que durou várias décadas. Além de seus estudos sobre as crianças, no Institut Rousseau, Piaget fez observações longitudinais detalhadas de seus próprios filhos — Jacqueline, Lucienne e Laurent — que estão gravadas em vários livros clássicos: *As Origens da Inteligência das Crianças*, publicado em 1936; *A Construção da Realidade nas Crianças*, em 1937; e *Sonhos de Jogos e Imitações durante a Infância*, em 1946. Na década de 1940, Piaget entrou ainda em outra fase de sua carreira, quando começou a investigar a adolescência — o estágio das operações formais — para descobrir como a criança resolve as mudanças e o pensamento

abstrato. Seu livro *O Crescimento do Pensamento Lógico da Infância até a Adolescência*, publicado em inglês em 1958, foi um estudo em cerca de 1.500 crianças suíças, escrito em conjunto com Barbel Inhelder.

De 1929 até 1954, Piaget foi professor de psicologia na Universidade de Genebra, onde, desde 1956, dirigiu o Centro de Epistemologia Genética. Durante esses anos, seu trabalho foi ignorado pelos psicólogos, que eram orientados para o comportamentalismo. Mas Piaget era muito admirado pelos estudantes e pelos colegas, em Genebra, e por um número crescente de acadêmicos nos Estados Unidos. Por volta de 1960, seu trabalho havia se tornado amplamente conhecido, sendo muito debatido. Piaget era carismático e amigável, mas provocou discordâncias intelectuais que entretanto não geraram a rivalidade amarga, freqüente na psicologia americana, nem as lutas de facções que muito rebaixaram a psicanálise.

Apesar de sua importância, a reformulação do pensamento de Piaget foi provavelmente inevitável, tendo em vista o assunto e os aspectos idiossincráticos de seu pensamento. “As afirmações grandiosas de Piaget provaram-se menos robustas do que suas demonstrações experimentais específicas”, escreveu Howard Gardner. “Os formalismos lógicos subjacentes dos estágios específicos são inválidos; os próprios estágios estão sob ataque, e a descrição dos processos biológicos de transformação dos estágios vem eludindo até os estudiosos que lhe são simpáticos.” Mas, Gardner acrescenta, Piaget “lançou um campo inteiro de psicologia — aquele que se ocupa do desenvolvimento cognitivo humano — e forneceu a agenda para a pesquisa que o mantém ocupado até os dias de hoje. Mesmo a reprovação de suas afirmações específicas é um tributo à sua influência geral”.

Jean Piaget morreu em 17 de setembro de 1980.



George Gaylord Simpson & a Marcha da Evolução

(1902 – 1984)

George Gaylord Simpson era um paleontólogo dos vertebrados que realizou expedições à Patagônia e viajou pelo Rio Amazonas, descobriu os Cavalos da Aurora, com 15 polegadas de altura, e cavou ossos dos ancestrais humanos no sub-Sahara, na África. Estudou os fósseis por todo o mundo e os pingüins na Antártica; a ele devemos o *bon mot* “os pingüins são formadores de hábitos”. Mais importante, porém, durante seu trabalho de campo, foi Simpson ter se tornado um filósofo da biologia dos organismos. É um dos arquitetos do que é conhecido como “a síntese moderna” da evolução, que une a paleontologia à genética. Pela introdução de métodos quanti-

tativos, Simpson deu um novo rigor ao estudo dos fósseis. Seu trabalho, escreveu Niles Eldredge, “trouxe a paleontologia de volta à corrente central da biologia evolucionária — e, durante todo o tempo, insistindo em que os fenômenos paleontológicos tinham muito a dizer à genética sobre a verdadeira natureza do processo evolucionário”.

Último de três filhos, George Gaylord Simpson nasceu em Chicago, no Estado de Illinois, em 16 de junho de 1902. Seu pai, Joseph Alexander Simpson, era um advogado, cujo envolvimento em especulação de terras e em mineração logo o levou a relocar a família para Denver, no Estado do Colorado. Sua mãe, Helen Julia Kinney, havia sido criada pelos avós, missionários no Havaí. A família de Simpson era meticulosa e presbiteriana, mas, apesar de George ter perdido sua fé durante a adolescência, permaneceu muito ligado a seus pais por toda sua vida.

George foi excelente aluno, sendo promovido rapidamente de ano e se formado no ginásio, quando havia completado apenas 16 anos. Em 1918, começou a estudar na Universidade de Colorado, mas saiu durante um período devido a dificuldades financeiras; transferiu-se então para Yale, como a melhor maneira de seguir sua inclinação para a geologia e para a paleontologia. Recebeu o diploma de bacharel em 1923, seu doutorado em 1926 e começou a fazer pesquisa de pós-graduação, em Londres, no Museu Britânico de História Natural. Seu trabalho principal neste estágio inicial já focalizava os fósseis vertebrados, particularmente os mamíferos. Mas sua motivação mais ampla, como fez notar, no final da vida, foi “uma vontade incontrollável de conhecer e entender o mundo em que eu vivo”.

Simpson tornou-se associado do Museu Americano de História Natural, na cidade de Nova York, em 1927, ao ser nomeado curador assistente de fósseis vertebrados. A fim de levantar dinheiro para duas expedições à Patagônia, onde CHARLES DARWIN [4] havia descoberto fósseis na década de 1830, Simpson procurou um patrono bem rico para o museu. Forçado a gastar tanto tempo bebendo com ele, mais tarde disse: “Só lamento ter apenas um fígado a perder para meu museu.” Um relato da primeira expedição de 1930-31, *Cuidando de Maravilhas*, tornou Simpson uma celebridade. Voltou

à Patagônia em 1933. Essas viagens o qualificaram como um importante paleontólogo. Também o convenceram, ele contou mais tarde, de que os mamíferos da América do Sul eram “do maior valor, como base para o estudo geral da evolução”.

Apesar de Simpson não estar sozinho ao reconhecer a necessidade de uma nova síntese na teoria evolucionária — THEODOSIUS DOBZHANSKY [67] já havia proposto o mesmo em 1937 —, tornou-se o principal paleontólogo americano a dar suporte à idéia. A teoria de Darwin sobre a evolução foi proposta muito antes do estabelecimento dos genes como unidades da hereditariedade. Os paleontólogos do começo do século XX, estudando os restos de fósseis, desenvolveram taxonomias e histórias naturais de várias espécies, usando uma base que era evolucionária — mas não genética. Por outro lado, os geneticistas, como THOMAS HUNT MORGAN [62], estavam estudando gerações de moscas de fruta para estabelecer as regras da transmissão mendeliana, mas não estavam, *a priori*, interessados nos problemas da evolução — e, certamente, não estavam interessados em fósseis. Por volta da década de 1930, a necessidade de juntar essas disciplinas complementares havia se tornado óbvia.

O primeiro esforço de Simpson para o desenvolvimento de uma síntese evolucionária moderna da paleontologia e da genética iniciou com o livro *A Marcha e a Maneira da Evolução*, que ele começou a escrever em 1938, acabou quatro anos mais tarde e publicou em 1944. Apesar “de os animais fósseis não poderem ser trazidos para o laboratório para determinações experimentais de suas constituições genéticas”, Simpson notou que tampouco podiam os geneticistas “reproduzir a vasta e complexa dimensão horizontal do ambiente natural e, particularmente, o imenso período de tempo no qual as mudanças de população realmente acontecem”. Desenvolveu uma teoria com três tipos de evolução. A *especiação* é a diferenciação das novas espécies, pela reorganização de um grupo proveniente de uma população maior. A evolução linear (*Phyletic*) é a mudança gradual de uma espécie inteira ou de uma população. Finalmente, a evolução *quântica* — a mais hipotética — é a evolução, relativamente súbita, das espécies. A evolução quântica conceituou processos ocorridos com vazios nos restos fósseis e que, sem isso, seriam inexplicáveis. Não

mais teria de ser aceito que as descontinuidades eram “espaços”, os quais novas descobertas de fósseis algum dia iriam preencher. A evolução quântica é um componente ancestral da teoria, desenvolvida anos mais tarde por Niles Eldredge e Stephen Jay Gould, conhecida como “equilíbrio pontuado”.

Uma das inovações importantes introduzidas por Simpson foi o uso de métodos estatísticos para avaliar os restos fósseis e para quantificar a hipótese evolucionária. Havia uma ironia nesse fato, pois Simpson, apesar de ter tido uma educação científica, não tinha treinamento em estatística. Mas sua segunda mulher, Anne Roe, com quem se casou em 1938, estudara psicologia, numa época em que essa disciplina utilizava a estatística para se distanciar da filosofia. Assim, os métodos quantitativos vieram para a zoologia em razão do que Simpson chamava de um “casamento figurativo de mentes”. Em conjunto, ele e Roe foram os autores do livro *Zoologia Quantitativa*, publicado em 1939.

Durante a Segunda Guerra Mundial, Simpson serviu na área de informação das Forças Armadas. Subseqüentemente começou trabalhos de campo no sudoeste dos Estados Unidos e por fim construiu uma segunda casa no Estado do Novo México. Mas manteve suas ligações com o Museu Americano de História Natural e aceitou uma cadeira na Universidade de Colúmbia. Em 1945 seu livro *Princípios de Classificação dos Mamíferos* foi publicado, *Os Cavalos*, em 1951, e *As Maiores Características da Evolução* (uma versão atualizada do livro *A Marcha e as Maneiras*), em 1954. Para uma audiência mais popular, Simpson escreveu *O Significado da Evolução*, em 1949; tornou-se um *best-seller* de longa vida. Também escreveu um texto universitário, intitulado simplesmente *Vida*.

Em 1959, Simpson se desvencilhou do Museu Americano de História Natural para se tornar professor Agassiz no Museu de Zoologia Comparativa, bem como professor de paleontologia dos vertebrados na Universidade de Harvard. Conseguiu um perfil profissional proeminente como fundador e presidente da Sociedade para o Estudo da Evolução e da Sociedade da Paleontologia dos Vertebrados. Seu livro *Os Princípios da Taxonomia Animal* foi pu-

blicado em 1961, e uma coleção ampla de seus ensaios, intitulada *Esta Visão da Vida*, apareceu três anos mais tarde.

Em 1965, Simpson cometeu o erro de publicar o livro *A Geografia da Evolução*, que reiterava o suporte à tese da estabilidade continental, logo quando as provas estavam aumentando em favor da tectônica das placas. Simpson acreditava que a hipótese do deslocamento continental, apresentada por ALFRED WEGENER [53], não era comprovada pelos restos fósseis. Este foi um erro marcante em sua carreira.

Na última fase da vida, Simpson e sua mulher — ela também se havia tornado professora em Harvard — adoeciam com frequência. Em 1964 parece que ambos sofreram simultaneamente de ataques do coração tipo “dele e dela”; ocuparam camas, lado a lado, no hospital em Albuquerque, no Novo México. Simpson, em seguida, abrandou sua jornada de ensino em Harvard, deixando por fim a Universidade em 1970. Aposentou-se no Arizona, mas continuou a viajar e a escrever. Suas aventuras na Antártica resultaram no livro *Pinguins: Passado, Presente, Aqui e Ali*, e ele voltou aos fósseis da América do Sul no livro *Esplêndido Isolamento*, publicado em 1980, e *Descobridores do Mundo Perdido*, publicado em seu último ano de vida. As memórias de Simpson, *Concessão ao Improvável*, apareceram em 1978.

Já aposentado em 1982, Simpson contraiu pneumonia quando fazia um cruzeiro pelos mares do Sul. A doença não o matou, mas trouxe complicações que o deixaram afastado por vários meses. Escreveu a seu amigo Léo Laporte em julho: “Estou aos poucos melhorando, mas parece que vai demorar. Não posso mais escrever.” Essa era uma concessão significativa para um homem que, de muitas maneiras, preferia escrever a falar — “Eu não dou valor à palavra falada, como meio de comunicação sério”, escreveu ele, uma vez. George Gaylord Simpson morreu na tarde do dia 6 de outubro de 1984.

Uma década depois de sua morte, Joan Simpson Burns descobriu, entre os papéis de seu pai, o manuscrito de uma novela de ficção científica. A história de um cientista do futuro que retorna à era pré-histórica jurássica, *A Volta de Sam Magruder no Tempo*, foi publicada em 1996: é uma história breve, mas interessante, que revela muito do próprio Simpson.

“Os temas da solidão e do medo da impotência intelectual (de não ser ouvido, lembrado, acreditado ou honrado)”, escreveu Stephen Jay Gould num epílogo, “estão difundidos no texto e na linha histórica de *Sam Magruder* e elevam o trabalho, de uma fábula instrutiva sobre o passado da terra, a um trabalho profundo sobre o sentido e o significado da vida humana.”



Claude Lévi-Strauss & a Antropologia Estrutural

(1908 –)

Desde meados do século XIX, quando o imperialismo florescia e as nações europeias se locupletavam de grande parte do resto do mundo, os primeiros antropólogos examinaram as características de um grande número de culturas indígenas. Quando emergiu como ciência, a antropologia empregou várias ferramentas intelectuais para tentar entender a dinâmica dessas culturas, mas teve somente um sucesso limitado. Os costumes das tribos pré-alfabetizadas, por exemplo, podiam ser descritos — contudo, como deveriam ser interpretados? A dificuldade de encontrar leis gerais de cultura era do conhecimento de FRANZ BOAS [14], que rejeitava a antropologia

“evolucionária”, mas que, quando de sua morte, pôde somente deixar uma massa de dados crus sobre os índios que havia estudado por quatro décadas. Medidas rígidas foram tomadas para melhorar as propostas mais amplas da antropologia depois da Segunda Guerra Mundial. A antropologia estrutural, que tem a ver com a rejeição total do etnocentrismo, juntamente com um esforço para entender como a cultura se desenvolve a partir de constelações básicas do pensamento humano, é a realização concreta de Claude Lévi-Strauss.

Claude Lévi-Strauss nasceu em Bruxelas, na Bélgica, em 28 de novembro de 1908, mas sua família logo voltou para a França. Sua mãe era originalmente de Verdun, e seu pai, um parisiense pintor de retratos. Claude cresceu no décimo sexto *arrondissement*, em Paris, num sofisticado ambiente intelectual, altamente cultivado, apesar de não muito saudável. Depois de cursar o *Lycée Janson-de-Sailly*, começou a estudar advocacia, o que achava enfadonho; também freqüentou cursos de filosofia. Passou o *agrégation* em 1931. Depois do serviço militar e de algum tempo passado como professor num liceu, o interesse de Lévi-Strauss em antropologia — uma disciplina relativamente indefinida na França naquela época — cristalizou-se como ambição.

Em 1935, Lévi-Strauss viajou para o Brasil, onde ensinou na Universidade de São Paulo até 1939 e fez alguns trabalhos de campo. De volta à França, foi recrutado no começo da Segunda Guerra Mundial. Depois da derrota francesa, conseguiu sair do país, ficando quase todo o tempo de duração da guerra em Nova York, onde absorveu muito da antropologia americana. Conheceu acadêmicos importantes e fez uma revisão ampla da literatura antropológica. Também se tornou companheiro de André Breton e dos surrealistas e trabalhou durante uma época na Nova Escola para a Pesquisa Social. Em 1950, três anos depois de voltar a Paris, Lévi-Strauss tornou-se diretor da *École Pratique des Hautes-Études*. Foi eleito professor do *Collège de France* em 1959.

O impacto inicial de Lévi-Strauss na antropologia veio através do estudo dos padrões de parentesco, algo comum na antropologia desde as suas origens no século XIX. Concebido como um fenômeno universal, o parentesco representa os relacionamentos básicos

entre os indivíduos, tendo muitas conseqüências práticas — tanto para o grupo cultural quanto para os que estudam aquele grupo. O parentesco abraça aspectos formais, como as regras de casamento, a herança de propriedades e a estrutura das relações familiares. Assim, quando em 1949 Lévi-Strauss publicou o livro *As Estruturas Elementares do Parentesco*, que havia apresentado como sua monografia de doutorado e que era um trabalho sintético que juntava um século de pesquisa, recebeu considerável atenção. Definiu também seu relacionamento com o pensamento científico. Dedicado a Lewis Morgan, o antropólogo americano pioneiro, o livro usou a análise lingüística de Roman Jakobson.³⁹ Lévi-Strauss especificamente esperava que, como a física, que olhava para a convergência com a biologia e a psicologia, as ciências sociais agora tivessem um potencial semelhante. Finalmente, a primeira parte do livro concluída com um apêndice matemático feito por André Weil que mostrava uma análise algébrica dos padrões de casamento.

Uma conseqüência importante do trabalho de Lévi-Strauss foi a emergência de temas iguais entre as culturas, nos níveis detalhados de análise. Não só eram os elementos básicos, tais como a linguagem, a família e a música, iguais em todas as culturas, mas também as estruturas fundamentais, argumentou, que iluminam as semelhanças básicas na construção da mente humana. Esse foi o resultado da coleção de Lévi-Strauss *Antropologia Estrutural*, publicada em 1958. Em seu esforço contínuo de utilizar os preceitos da lingüística estruturalista, deve ser caucionado que o “estruturalismo”, subsequentemente, tornou-se uma palavra-chave difusa. “A voga pelo estruturalismo soltou todos os tipos de resultados infelizes”, declarou Lévi-Strauss mais tarde. “O termo foi conspurcado; aplicações ilegítimas e, algumas vezes, ridículas foram feitas. Não havia nada que eu pudesse fazer.”

Quatro anos mais tarde, com o livro *Totemismo*, Lévi-Strauss ofereceu uma nova interpretação de um fenômeno bem conhecido e uma forte rejeição do etnocentrismo. O totemismo é um fenômeno

³⁹ A lingüística, de todas as ciências sociais, acreditava Lévi-Strauss, era “provavelmente a única que se propõe a ser chamada de ciência e que conseguiu, tanto formular um método positivo, quanto entender a natureza dos fatos submetidos para análise”.

que causa perplexidade e é encontrado em muitas culturas, nas quais um animal, uma planta ou um outro objeto torna-se identificado com um grupo ou com um clã. Emile Durkheim visualizava o totemismo como uma religião primitiva, e SIGMUND FREUD [6] o examinou sob o aspecto do tabu do incesto. Mas Lévi-Strauss o encarava como um sistema de sinais e como um meio pelo qual os povos pré-alfabetizados podiam organizar sua experiência com relação à Natureza. Seu ponto de vista sobre o totemismo era o de que tinha defeitos, sendo um artefato antropológico do pensamento ocidental, uma “projeção do lado de fora de nosso universo, quase que como um exorcismo de atitudes mentais incompatíveis com a afirmação de descontinuidade entre o homem e a Natureza — e que o pensamento cristão tem mantido como essencial”.

Lévi-Strauss começou a investigar o mito, a partir de 1950, e este se tornou o foco principal de sua carreira: “Durante 20 anos”, ele disse, “eu me levantava de madrugada, inebriado com os mitos — verdadeiramente, eu vivia em um outro mundo.” Ao longo da década de 1960, publicou um livro de investigação, em quatro volumes: *O Cru e o Cozido*, *Do Mel às Cinzas*, *A Origem da Etiqueta na Mesa* e *O Homem Nu*. Examinou, ao todo, cerca de 813 histórias básicas, bem como umas mil variantes. Ao usar material obtido por terceiros, Lévi-Strauss conseguiu derivar um padrão comum para os dados e fazer generalizações que tinham sentido. Evitou entretanto o que ele chamava de “uma mania comparativista”, baseada em semelhanças superficiais. Em lugar disso, separou as histórias em seus vários elementos. Uma análise dos vários mitos de uma só vez pode revelar sua lógica interna e seu significado para a cultura.

Vários aspectos do trabalho de Lévi-Strauss necessitam clarificação. Seu interesse na antropologia americana, em primeiro lugar, é muito significativo, porquanto ele examinou grande quantidade de dados. A influência de Franz Boas, com cujo relativismo cultural ele concorda, foi bem forte. Do mesmo modo que Boas, Lévi-Strauss se comprometeu com a antropologia, como tarefa científica, mesmo reconhecendo suas limitações como ciência. Ao mesmo tempo, sempre continuava a ser um *homme de lettres* francês, influenciado moderadamente pela filosofia de Kant e, até certo ponto, por Freud e por Marx. (Na política, de modo geral, mudou da esquerda para

a direita, com o correr dos anos.) E foi nesse contexto que Lévi-Strauss tornou-se objeto de muita atenção acadêmica. O historiador cultural David Pace escreveu: “No final da década de 1960, ficou difícil contradizer a afirmativa de que Lévi-Strauss era o antropólogo de maior prestígio de sua geração e um dos grandes da teoria antropológica do século XX.”

Com a hipótese ampla de que os mitos e os costumes culturais humanos emergem de uma variedade de estruturas mentais comuns, Lévi-Strauss ocasionou um impacto importante nas ciências cognitivas emergentes. Ao ponderar se ele é “um contribuinte central... ou somente um *savant* isolado e orientado humoristicamente”, previu Howard Gardner: “Lévi-Strauss será sempre lembrado, porque colocou a pergunta que é central, tanto para a antropologia quanto para a cognição, explicou métodos de análise, que podem ser aplicados, e propôs os tipos de relacionamentos sistemáticos que *talvez* possam ser obtidos em campos diversos, como o parentesco, a organização social, a classificação e a mitologia.”

A influência de Lévi-Strauss se fez sentir fora da antropologia, fazendo dele um ícone cultural, particularmente nos Estados Unidos e na França. Também deu contribuições expressivas para um campo amplo da função científica dos últimos 400 anos: o destronamento dos seres humanos do lugar privilegiado que ocupavam no universo.

A Teoria Heliocêntrica, de NICOLAU COPÉRNICO [10], removeu a Terra do centro do universo; a Teoria Evolucionária, de CHARLES DARWIN [4], removeu o homem de um lugar privilegiado com relação aos animais. A Teoria da Motivação Inconsciente, de SIGMUND FREUD [6], fez cair a auto-imagem gratificante, e a Teoria Quântica destruiu a universalidade dos conceitos humanos, tais como causa e efeito. Claude Lévi-Strauss expôs o eurocentrismo do discurso antropológico. Em seu lugar, ofereceu palavras cautelosas: “Ao colocar a raça humana separada do resto da criação, o humanismo ocidental impediu que houvesse uma válvula de escape. No momento em que o homem não conhece nenhum limite para seu poder, ele começa sua autodestruição.”

Autor de textos antropológicos complexos, Lévi-Strauss também escreveu vários livros mais acessíveis. *Tristes Trópicos* é um manual de viagem e de meditação, escrito na década de 1950, e que

Clifford Geertz chamou de “o melhor livro já escrito por um antropólogo”. A coleção de ensaios, *A Visão a Distância*, e um livro de entrevistas com Didier Eribon, *Conversações com Claude Lévi-Strauss*, dão uma idéia sobre sua maneira de pensar e revelam sua amplitude e sua originalidade.



Lynn Margulis & a Teoria da Simbiose

(1938 –)

A teoria da simbiose sobre a origem da célula é um dos desenvolvimentos mais impressionantes da biologia moderna e deve muito a Lynn Margulis. Controvertida, quando ela a propôs pela primeira vez em 1967 e ainda sem a formulação final em termos técnicos, suas linhas principais foram claras. As bactérias, que vêm habitando o planeta Terra há três bilhões de anos, foram participantes decisivas na evolução da estrutura estável e auto-replicante, chamada de célula eucariótica.⁴⁰ Remanescentes evolucionários dessas origens podem ser

⁴⁰ Os “eucariotes” são células com um núcleo, cercado por uma membrana e possuindo DNA em forma cromossômica. As plantas, os animais, os protistas e os fungos, desde a levedura até os mamíferos, são eucariotes. Em contraste, as células das bactérias são “procariotes” e não possuem núcleo.

encontrados nas células das plantas comuns, nas dos animais e no próprio DNA. Para que a simbiogênese fosse aceita, Margulis teve que vencer uma resistência considerável por parte de muitos biólogos, o que moldou sua posição provocativa, e algumas vezes antagônica, com relação à teoria contemporânea da evolução. Mas a importância de seu trabalho, suas implicações mais amplas e a promessa de pesquisa futura não devem ser postas em dúvida. “A evolução da célula eucariótica foi o evento isolado mais importante na história do mundo orgânico”, de acordo com ERNST MAYR [65]. “E a contribuição de Margulis para o entendimento dos fatores simbióticos foi de enorme relevância.”

A mais velha de quatro filhas, Margulis nasceu com o nome de Lynn Alexander, em 5 de março de 1938, em Chicago, no Estado de Illinois. Seu pai, Morris Alexander, advogado e negociante, que tinha antepassados judeu-poloneses, era dono da Permaline Corporation, que fabricava marcadores termoplásticos para ruas e estradas. Sua mãe, Leone Wise, trabalhava como agente de turismo. Na infância, Lynn começou a ler muito precocemente e a escrever diários, ensaios e peças de teatro, que ela algumas vezes produzia com a ajuda de amigos. Coursou a Hyde Park High School e com 14 anos foi admitida na Universidade de Chicago, fazendo parte do programa de entrada precoce; obteve o certificado de 12º grau em 1955 e continuou os estudos ao nível de universidade. Foi inspirada pelo currículo de ciências, que demandava aos alunos lerem trabalhos científicos clássicos, e ficou intrigada com as questões básicas, ainda não resolvidas, referentes à reprodução e à hereditariedade.

Margulis recebeu o diploma de bacharel em Artes em 1957 e, no mesmo ano, casou-se com Carl Sagan, um aluno de física, que se tornou mais tarde um conhecido astrônomo. Seu casamento com Sagan durou seis anos. Mudou-se para cursar a Universidade de Wisconsin, recebendo o mestrado em genética e zoologia em 1960. Em 1963, já mãe de dois filhos, completou seu trabalho como graduada na Universidade da Califórnia, em Berkeley, recebendo o Ph.D. em 1965. Dois anos após o divórcio de Sagan, casou-se com Thomas Margulis, um químico. Essa união, que também produziu dois filhos, terminou em 1978.

Margulis começou sua crítica da teoria evolucionária, enquanto ainda estudante graduada, quando não ficou convencida pela genética das populações e, em particular, quando teve suspeitas do dogma, geralmente aceito, em relação à teoria da frequência do gene na evolução. Ela duvidava deste ponto de vista, articulado por THOMAS HUNT MORGAN [62], duas décadas antes da descoberta do DNA, de que os geneticistas podiam estudar o núcleo das células e, essencialmente, ignorar o citoplasma que o envolvia. Margulis estava ciente da hipótese da simbiose como mecanismo evolucionário. Havia sido proposta, logo depois da virada do século XX, por Konstantin Mereschkovsky e outros. Mas, por volta da década de 1960, parcialmente devido ao sucesso da teoria cromossômica da hereditariedade, a simbiose foi sumariamente posta de lado e ridicularizada. Entretanto, em 1963, Hans Ris, professor de biologia celular, com quem Margulis estudou na Universidade de Wisconsin, publicou fotografias, mostrando o DNA nos cloroplastos, estruturas verdes do citoplasma das células das plantas e usadas na fotossíntese. Os cloroplastos propriamente ditos pareciam-se muito com uma forma de bactéria, levando Ris a imaginar se a sua presença na célula representava uma forma de incorporação evolucionária.

Para a sua monografia de doutorado em 1965, Margulis essencialmente desenvolveu uma nova hipótese simbiótica, com implicações globais para a biologia: células nucleadas evoluíram dos relacionamentos simbióticos entre diferentes tipos de bactérias. Ela predisse que certas estruturas celulares, locais de fotossíntese ou de respiração, tais como os cloroplastos e as mitocôndrias, dão provas evolucionárias para a simbiose. A teoria não obteve aceitação fácil. O artigo *Origens das Células em Mitose* foi rejeitado mais de 10 vezes, antes de ser publicado no *Journal of Theoretical Biology*, em 1967. Entretanto, Margulis recebeu o apoio de J. D. Bernal, o eminente cristalógrafo, que havia incluído a origem da célula com núcleo numa lista de mistérios biológicos não resolvidos. Quando Margulis enviou a Bernal um curto artigo, ele concordou que ela havia resolvido o problema. "Nós, e todos os seres feitos com células nucleadas", Margulis escreveu, mais tarde, "somos, provavelmente, compostos, junções de criaturas antes diferentes."

O suporte de outros cientistas para a teoria da simbiogênese de

Margulis logo surgiu. O pesquisador de zoologia Kawng W. Jeon, da Universidade do Tennessee, encontrou amebas, que ele estava estudando, invadidas por uma forma de bactéria. Embora a maioria das amebas tivesse morrido, algumas sobreviveram e, num resultado totalmente inesperado, continuaram a florescer, mas dependentes da bactéria que vivia dentro delas. Além disso, foi demonstrado que a composição do DNA encontrado nos cloroplastos das células, como Margulis havia suposto que deveria ser, era quase que idêntica ao DNA das bactérias azul-esverdeadas, produtoras de oxigênio e fotossintéticas, conhecidas como cianobactérias. Provas, pelo sequenciamento da proteína, do DNA e do ARN também comprovaram as idéias de Margulis.

O primeiro trabalho de Margulis sobre a simbiose foi publicado em 1970 com o título *Origem das Células Eucarióticas*. Durante a década seguinte, a teoria foi desenvolvida em uma série de direções, por uma variedade de pesquisadores, e o livro foi revisado e ampliado em 1981 com o nome de *A Simbiose na Evolução Celular*. O reconhecimento pela influência de seu trabalho veio em 1983, quando Margulis foi eleita para a Academia Nacional de Ciências. A teoria, enquanto isso, havia evoluído como “a teoria da endossimbiose seriada” (SET), como foi batizada por F. J. R. Taylor, que fez seus próprios esforços para distorcê-la, sem sucesso. Em sua versão mais recente e radical da teoria, Margulis sugere que certas estruturas com cílios, encontradas nas células, chamadas coletivamente de “undulipodia” — tais como os cílios e as caudas do esperma —, são também de origem simbiótica. Mais uma vez, ela encontrou resistência por parte dos biólogos de células.

No final da década de 1980, uma confirmação intrigante da teoria SET apareceu, com a descoberta de um plâncton unicelular no fundo do oceano. A existência de “proclorofitas”, como essas bactérias fotossintéticas são chamadas, dá peso à SET, por sua semelhança com os cloroplastos das algas verdes e das plantas.

Apesar de a SET de alguma forma ter obtido ampla aceitação, Margulis tornou-se uma presença provocativa na biologia, em parte porque tira conclusões da simbiogênese que estão em sentido contrário dos dogmas básicos da genética das populações — baseadas na teoria evolucionária. Margulis não acredita que a unidade básica

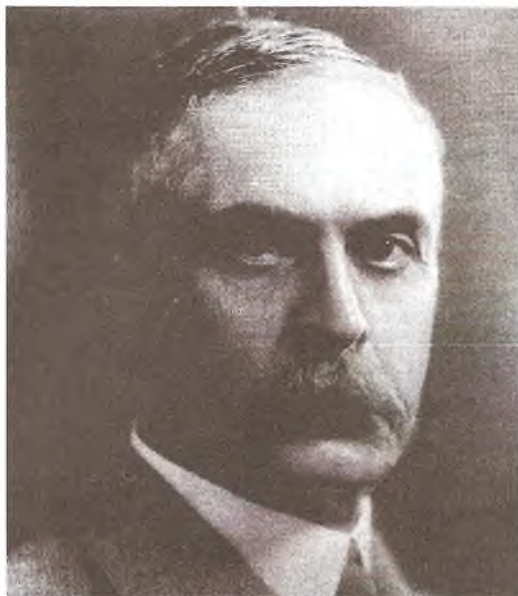
da evolução, chamada de “indivíduo”, seja fixa e rígida. A seu ver, os indivíduos — todos os organismos maiores do que as bactérias (animais, plantas, fungos etc.) — são reconhecidos como sistemas simbióticos. Na realidade, os indivíduos maiores do que as bactérias são todos sistemas simbióticos; os indivíduos formam comunidades microbiais, extremamente integradas. E ela duvida de que as espécies evoluem somente pelo acúmulo de mutações ao acaso — em vez disso, ela acredita que a maioria vem de ancestrais que acumularam simbiontes bacteriais. Sugere que “a maior fonte de novidade evolucionária é a aquisição de simbiontes, tudo sendo, então, editado pela seleção natural. Nunca é, simplesmente, o acúmulo de mutações”.

Nos últimos anos, Margulis também foi um forte suporte da hipótese de Gaia, originada por James E. Lovelock, que afirma que o planeta Terra, como um todo, é um sistema vivente. Margulis contribuiu para o desenvolvimento dessa teoria controversa e que não teve uma aceitação ampla. Entretanto, ela faz notar que representa um destronamento ainda maior dos seres humanos como personagens privilegiados do universo, consoante as teorias científicas dominantes nos últimos quatrocentos anos. “O *Homo sapiens* não é sábio por causa do nome que ele próprio se deu”, escreveu Lynn Margulis; “para mim, a espécie cheira a arrogância misturada com ignorância.”

Apesar de suas dúvidas a respeito da teoria da seleção natural, Margulis não propôs nenhum tema espiritual que a acompanhasse. Na verdade, escreveu com paixão que sua “rejeição da tolice judeu-cristã é completa — sei menos sobre o Islã, mas vejo que o Corão advoga a morte do infiel. A passividade do budismo lembra-me uma resignação estagnada. Eu confesso minhas próprias crenças: todas as religiões organizadas são falsidades institucionalizadas, confusão compartilhada e tribalismo selvagem e ridículo”.

Lynn Margulis é Professora Universitária de Honra, de biologia, na Universidade de Massachusetts, em Amherst. É autora de mais de 130 artigos e uma dezena de livros, incluindo vários dirigidos a audiências não-técnicas. Seu livro, *Cinco Reinos: Um Guia Ilustrado ao Fila da Vida na Terra*, escrito com Karlene V. Schwartz, foi baseado numa taxonomia originalmente proposta

por ERNST HAECKEL [90], que destruiu a dicotomia planta-animal; foi recentemente refinado por Robert H. Wittaker. Margulis também colaborou com seu filho mais velho, Dorion Sagan, em muitos livros: *As Origens do Sexo: Três Bilhões de Anos de Recombinação Genética*; *O Jardim das Delícias Microbianas*; *O Microcosmo*; *Dança Misteriosa: Sobre a Evolução da Sexualidade Humana* e *O que É a Vida?*



Karl Landsteiner & os Grupos Sangüíneos

(1868 – 1943)

Na virada do século XX, Karl Landsteiner desenvolveu um método para a tipificação do sangue humano que teve conseqüências de longo alcance, tanto para a medicina quanto para a cirurgia, bem como para a medicina legal. Além disso, Landsteiner, mais tarde, contribuiu com descobertas imprescindíveis ao campo emergente da imunologia. Ajudou a isolar o vírus que causa a poliomielite e mostrou como a sífilis pode ser estudada, experimentalmente, em animais. Também ajudou no entendimento da reação do antígeno-anticorpo e das reações alérgicas. No final da vida, descobriu o fator Rh no sangue, o que levou à criação de um teste, salvador da vida

de crianças afetadas. Consideradas em conjunto com inovações mais recentes, como a vacina contra a pólio e o transplante de órgãos, as realizações de Landsteiner se tornam arquetípicas dos avanços na fisiologia e na medicina. Não foram resultado de percepções conceituais globais, mas pontos nodais, dos quais evoluem novos caminhos e, às vezes, a criação de novas necessidades.

Karl Landsteiner nasceu em 14 de junho de 1868, em Baden bei Wien, um subúrbio de Viena, e era filho de Leopold Landsteiner, um conhecido jornalista e editor austríaco, e de Fanny Hess. Entrou para a Universidade de Viena em 1885 e recebeu o diploma de médico em 1891. A carreira de Landsteiner na medicina foi moldada vigorosamente por seu interesse no campo da química, que se expandia com rapidez. Teve uma esmerada educação, até a pós-graduação. Depois de estudar na Universidade de Würzburg, com o famoso químico EMIL FISCHER [46], Landsteiner foi aprender a química do benzeno, na Alemanha, e depois se mudou para a Suíça com o propósito de aumentar seu conhecimento de química orgânica. Voltou para a Áustria e, depois de alguma experiência em medicina clínica, trabalhou no departamento de higiene da Universidade de Viena. Em 1897, tornou-se assistente do diretor do Instituto de Patologia-Anatomia da Universidade. Durante a década seguinte desenvolveu considerável conhecimento sobre as doenças, sobre a morte e sobre a anatomia humana, tendo realizado 3.639 autópsias.

Com sua bagagem dupla, em medicina e em química, Landsteiner desenvolveu um interesse focalizado na composição do sangue. Em 1895, Jules Bordet havia descoberto a tendência de os sangues de diferentes espécies formarem aglomerados quando misturados. Landsteiner notou a mesma “aglutinação” quando os sangues de diferentes seres humanos eram combinados. Essa informação foi colocada como nota de rodapé num artigo que apareceu em 1900, mas sua importância não foi desprezada por Landsteiner. No ano seguinte, descobriu que o sangue humano podia ser dividido em três grupos, cada um contendo uma aglutinina, que ele chamou de A, B, e C. (O grupo C foi, mais tarde, renomeado para O, e um quarto grupo, AB, descoberto posteriormente.) O sangue de todos os seres humanos pertencia a um dos tipos e podia ser demonstrado que os

grupos ocorriam em proporções definidas nas várias populações, mostrando não ser a aglutinação devida a nenhum processo doentio, mas a uma simples reação química.

O significado da descoberta de Landsteiner foi reconhecido em poucos anos. Por volta de 1907, as primeiras transfusões foram feitas e, juntamente com os novos avanços na anestesia, vários tipos de novas cirurgias tornaram-se possíveis. Deve ser acrescentado que a relação entre a especificidade do sangue humano e os procedimentos invasivos continua muito forte. A descoberta por Jean Dausset do “complexo da histocompatibilidade”, em meados do século XX, melhorou os procedimentos para tipificar o sangue, bem como novas funções ao bisturi do cirurgião: abriu o caminho para o transplante de órgãos.

Mesmo depois de descobrir os grupos sangüíneos, Landsteiner não estava consciente de que representavam fatores de hereditariedade. Mas foi logo verificado que as leis de hereditariedade mendelianas, que foram redescobertas na virada do século, aplicavam-se aos grupos sangüíneos. Essa descoberta, por fim, levou à genética sorológica, que deu à Justiça — bem como às mães solteiras e aos suspeitos de paternidade — um método confiável para estabelecer a paternidade. Ao reconhecer a individualidade do sangue humano, Landsteiner também concebeu a idéia de uma “impressão digital” sorológica, e já em 1902 fez uma conferência a respeito no Instituto de Medicina Legal em Viena.

A carreira subsequente de Landsteiner mostrou-se de uma produtividade impressionante. Em torno de 1905 estabeleceu um método de infectar macacos com a sífilis, o que tornou possível o trabalho experimental contra essa doença. Landsteiner logo descobriu o mecanismo do teste de Wassermann, recém-inventado e usado para descobrir a sífilis. O teste passou a ter um emprego muito mais amplo, ao ser mostrado como um extrato obtido dos corações dos animais podia ser substituído por um antígeno anteriormente obtido de seres humanos.

Entre 1908, quando se tornou patologista-chefe da Universidade de Viena, e o fim da Primeira Guerra Mundial, Landsteiner conduziu uma série de investigações sobre a poliomielite. Ao injetar em vários animais uma substância derivada do cérebro e da coluna

espinal de uma jovem vítima da doença, demonstrou que os macacos também desenvolviam as características da doença. Em 1912, Landsteiner chegou à conclusão correta, quando não conseguiu encontrar qualquer bactéria diferente na substância: o agente causador era um vírus. Entretanto, uma vacina eficiente não seria desenvolvida nas seguintes quatro décadas.

O interesse de Landsteiner mudou, entretanto, na direção da imunologia, na década de 1920. Durante o período de depressão econômica na Viena do Pós-Guerra, transferiu-se, por três anos, para a Holanda e trabalhou na resposta do antígeno-anticorpo. Fez experiências impressionantes em alergia, aplicando em animais os agentes que causam a dermatite de contato nos seres humanos, com o mesmo resultado de irritação — mostrando, como ele acreditava, a reação de um anticorpo fazendo seu trabalho. Mais notável ainda, em 1921, ele e seus colegas demonstraram a existência de pequenas moléculas, que vieram a ser chamadas de *haptenes* — componentes importantes do corpo na síntese dos anticorpos. Este foi um passo inicial importante no longo processo para entender o sistema imunológico humano.

Em 1922, por convite do Instituto Rockefeller, Landsteiner viajou para os Estados Unidos, onde permaneceu. Publicou, em 1936, três anos antes que se aposentasse oficialmente, o livro *A Especificidade das Reações Serológicas*, um texto médico clássico, originalmente escrito em alemão. Continuou, porém, a trabalhar e, em 1940, demonstrou a existência de um fator Rh no sangue, ligando esse fator aos danos cerebrais e à morte dos recém-nascidos. Os anticorpos aparecem no sangue das mães que são Rh negativas, como reação a um feto Rh positivo. *No útero*, os anticorpos das mães destroem as células sangüíneas dos fetos, freqüentemente com conseqüências catastróficas. As transfusões seriam o tratamento para a incompatibilidade de Rh.

Landsteiner ganhou o Prêmio Nobel em 1930 pela descoberta dos grupos sangüíneos. Ele não se orgulhava de sua crescente fama e nunca se acostumou a viver na cidade de Nova York. Casou-se com Helene Wlasto em 1916 e tiveram um filho, Ernst Karl. Com a fama de possuir uma personalidade tímida, Landsteiner, apesar disso, foi presidente da Associação Americana de Imunologistas em 1929.

Judeu convertido para o catolicismo ainda criança, tornou-se obsessivo, com receio da Alemanha nazista, no final de sua vida. Com a mulher e seu filho, que se formou médico, Landsteiner celebrou seu aniversário de 75 anos, em 14 de junho de 1943. Morreu em 26 de junho, dois dias após ter sofrido um ataque do coração, enquanto trabalhava em sua bancada no laboratório.



Konrad Lorenz

& a Etologia

(1903 – 1989)

Konrad Lorenz é muito conhecido por ser o autor de livros populares como *Sobre a Agressão*, *O Homem Encontra o Cão* e *O Anel do Rei Salomão*. Mas é também um dos fundadores da etologia, que é o estudo do comportamento dos animais primariamente em seu habitat, e de uma perspectiva evolucionária. Atrás da imagem popular de Konrad Lorenz — uma fotografia, muito publicada, mostra uma fila única de gansos que o seguem — está o cientista que demonstrou uma série insuspeita de comportamentos que pode ser considerada como geneticamente programada e induzida pelo ambiente. Suas generalizações, poderosas e originais, estimulavam

a pesquisa na genética, na biologia evolucionária e na psicologia. Ao mesmo tempo, Lorenz marcou tanto o inter-relacionamento entre o organismo e o ambiente quanto sua simplicidade subjacente.

Konrad Zacharias Lorenz nasceu em Viena em 7 de novembro de 1903, filho de Emma Lecher e de Adolf Lorenz, um famoso cirurgião ortopédico que descobriu uma maneira simples de tratar um tipo comum de deformação congênita da bacia. Adolf Lorenz, que quase ganhou um Prêmio Nobel, tornou-se uma celebridade e ficou milionário, depois de tratar a filha de um negociante de carnes, de Chicago. Em Altenburg, uma casa de campo nas margens do Danúbio, Konrad, uma criança solta e travessa, adquiriu sua paixão pelos animais e transformou-se num jovem naturalista. Ao crescer, em Viena, recebeu uma educação liberal ampla no Schottengymnasium.

Apesar de Konrad estar interessado em zoologia (dizem que ele contou ter lido CHARLES DARWIN [4], com 10 anos), seu pai mostrava expectativas de que viesse a ser médico. Depois de um semestre na Universidade de Colúmbia — onde viu seus primeiros cromossomos no laboratório de THOMAS HUNT MORGAN [62] — Lorenz voltou à Europa para estudar medicina na Universidade de Viena. Mas seu grande entusiasmo pelos animais, especialmente pelos pássaros, não mudou durante todo esse tempo. Seu pai escreveu, mais tarde, que “Konrad... preferia a ornitologia à prática da medicina. Eu não estava muito entusiasmado com sua escolha e provoquei uma irritação profunda em meu garoto, quando disse que não havia grande importância em saber se as garças eram mais ou menos estúpidas do que pareciam ser”.

Depois de receber seu diploma de medicina em 1928, Lorenz recusou-se a exercê-la. Em vez disso, aceitou uma posição como conferencista no departamento de anatomia da Universidade de Viena e, em 1933, recebeu um Ph.D. em zoologia. No Instituto Anatômico da universidade, tornou-se protegido do conhecido anatomista Ferdinand Hochstetter. Lorenz ficou intrigado pela possibilidade de distinguir a descendência evolucionária, por meio da estrutura física, que Hochstetter estava tentando fazer pela anatomia comparativa. Esse método, Lorenz começava a acreditar, “era aplicável tanto aos padrões de comportamento quanto à estru-

tura anatômica". Essa percepção foi o ponto de partida de seu trabalho.

Os "anos de ganso" de Lorenz, por volta de 1934 até 1938, incluem não só uma maneira original de fazer as experiências, mas também um enquadramento teórico emergente. Ao estudar os gansos *Anser anser*, em seu habitat, nas terras da família em Altenburg, Lorenz cuidava dos animais. Sua motivação era a observação de perto, e conseguiu seguir os padrões de crescimento, do ritual de conquista, do acasalamento e da formação de ninhos. Quando os pintos, nascidos de ovos incubados, foram em primeira mão a ele expostos — ou a qualquer objeto movente, descobriu mais tarde —, logo depois o tratavam como se ele fosse a mãe. Resulta que o ganso em questão era bem adequado para esse tipo de estudo, porque alguns dos outros ficariam ligados ao substituto materno, tanto quanto fariam a corte, e se aproximariam sexualmente. Lorenz batizou o termo "impressão" para generalizar esse comportamento neonatal.

Em 1936, Lorenz conheceu Nikolaas Tinbergen, um comportamentalista de animais, cujos pontos de vista pareciam ser extremamente parecidos com os dele, e os dois começaram uma colaboração produtiva e amigável. O resultado do trabalho foi o de conceitualizar, ainda mais, as estratégias básicas que os animais empregam para conviver com seu ambiente em grande variedade de maneiras. Foi demonstrado que os animais têm, além de padrões complexos pré-programados de aprendizado, tal como a impressão, também programas motores, dirigidos geneticamente, para adquirir habilidades. Os pássaros cantarão, por exemplo, mas primeiramente devem ser expostos a canções de pássaros. Além disso, os "gatilhos inatos" ou "estímulos de sinal" informam como, uma vez percebidos, podem invocar padrões fixos de resposta. Os estímulos de sinal são geralmente relacionados com a caça, com a maneira de evitar os predadores ou com a comunicação. Um tordo, por exemplo, reconhecendo o vermelho como o sinal de um intruso macho, atacará um punhado inerte de penas vermelhas. Como descobriu EDWARD O. WILSON [83], uma formiga, seguindo comida, deixará no caminho um cheiro que poderá ser sentido pelas outras. A descrição e a elucidação dessas estratégias, que podem ser encontradas numa

vasta gama de animais, bem como em insetos, levaram muitos anos e, por fim, estenderam sua influência para a etologia em todo o mundo.

Certos pensadores biológicos no século XX acharam difícil separar o pensamento científico da influência da política, e o caso de Konrad Lorenz é um dos mais marcantes. Em 1940 ele publicou um artigo comparando a domesticação de animais aos seres humanos e, em ambos os casos, viu perigos de “degradação” genética. Num estilo, que pode ser descrito como pró-nazista, Lorenz falava sobre “arte decadente” e pedia uma “seleção baseada na dureza, no heroísmo, na utilidade social”. Ele escreveu: “A idéia racial, como base de nosso Estado [alemão], conseguiu muito neste assunto.” Lorenz foi, mais tarde, muito criticado por esse artigo e posteriormente admitiu que o havia escrito para agradar as autoridades nazistas. Apesar de ter voltado atrás em seu entusiasmo, Lorenz continuou a pensar que a “domesticação ameaça a humanidade”.

Na Universidade de Viena, Lorenz foi conferencista de anatomia comparativa e de psicologia animal, de 1937 a 1940. Por um curto período tornou-se chefe da psicologia geral na Universidade Albertus. Durante a Segunda Guerra Mundial, designado como neurologista, trabalhou num hospital psiquiátrico, antes de ser enviado para o *front* oriental, onde foi capturado pelos russos. Embora suas condições como prisioneiro de guerra não fossem más, pois ele trabalhava como médico na prisão, ficou retido até bem depois de a guerra ter terminado, sendo solto no início de 1948.

Quando Lorenz voltou para a Alemanha, logo recomeçou suas pesquisas em Altenburg. Depois de vários anos de dificuldades financeiras, Lorenz recebeu verbas do Instituto Max Planck para estabelecer um centro de estudo de fisiologia comportamental. Em 1955, começou a construção do Instituto Max Planck de Fisiologia Comportamental num local bucólico do Distrito dos Lagos na Alemanha. Lorenz trabalhou ali, de 1958 a 1973, quando voltou para a Áustria, sendo recebido pelo Instituto para Pesquisa sobre o Comportamento Comparativo. Sua fama continuou a se espalhar, conforme a etologia passou a ser apreciada na Europa e a se introduzir nos Estados Unidos, onde sua influência foi inicialmente limitada pelo comportamentalismo. Em 1973, juntamente com

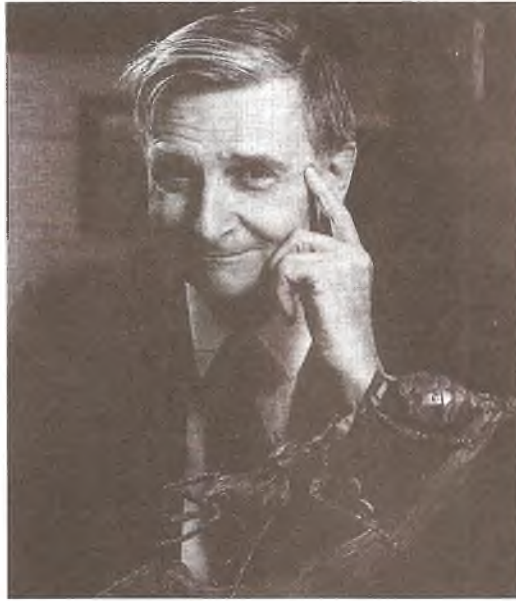
Tinbergen e Karl von Frisch, Lorenz ganhou o Prêmio Nobel de Fisiologia/Medicina por “suas descobertas referentes ao organismo do indivíduo e aos padrões de comportamento social”. Esse foi o primeiro Prêmio Nobel então conferido a um cientista de comportamento.

Na década de 1950, Lorenz escreveu *O Homem Encontra o Cão*, primeira obra, entre várias que o tornariam um autor popular. Seu livro *O Anel do Rei Salomão* tornou-se um *best-seller*. Talvez seu livro mais lido tenha sido *Sobre a Agressão*, publicado em 1966. Ao partir de seus estudos sobre os animais, Lorenz delineou a agressão deles e continuou para estender suas pesquisas nos seres humanos. Ele achava que a agressividade era um “instinto de luta”, geneticamente útil para as espécies em termos de território e de sobrevivência. Nos seres humanos, Lorenz entendia a agressão como servindo aos mesmos propósitos e sugeriu que “a invenção das armas artificiais alterou o equilíbrio do potencial para matar e também as inibições sociais”. A natureza especulativa do livro, com seu ponto de vista de que a agressividade é inata e natural, fez com que *Sobre a Agressão* se tornasse um livro controvertido.

Dotado de uma personalidade complexa e afirmativa — o que fica muito evidente pela leitura de seus livros populares —, Lorenz obteve uma fama que só mais tarde apareceu na sua vida. Mas seu biógrafo, Alec Nisbett, escreveu que Lorenz também “afirma humildade e proclama que o senso de humor é um dos grandes bens do homem, pois ninguém, com um verdadeiro senso de humor, pode ser megalomaníaco ou pode deixar de ser humilde”. Na juventude, ficou ligado romanticamente a uma amiga de infância, Margarethe Gebhart, com quem finalmente se casou. Lorenz esperava viver até os 92 anos, idade com a qual morreu seu pai. Mas estava destinado a viver e trabalhar em Altenburg somente até o dia 27 de fevereiro de 1989, quando sua morte aconteceu, causada por uma insuficiência renal. Tinha 83 anos.

Colocar Lorenz em qualquer panteão de realização científica é difícil. Ele estimulou muita pesquisa e apresentou um desafio ao comportamentalismo, que deu frutos, apesar de os avanços na teoria evolucionária não terem partido diretamente dele. Sua influência sobre o desenvolvimento da sociobiologia é evidente, mas sua teoria

do instinto não foi aceita. “Estudou os animais, por eles próprios”, escreveu Nikolaas Tinbergen, “e não como objetos convenientes para os testes controlados e sob as condições de severo controle no laboratório. Recuperou o *status* da validade da observação de eventos complexos, sua respeitabilidade e, na verdade, sua alta sofisticação, como parte dos procedimentos científicos.” Mais importante ainda são as generalizações fundamentais de Lorenz sobre o inter-relacionamento entre os dons genéticos e o ambiente, que permanecem como parte da fronteira da etologia, do mesmo modo que suas influências foram sentidas bem além de seus limites.



Edward O. Wilson & a Sociobiologia

(1929 –)

Edward O. Wilson, originalmente um entomologista muito conhecido pelos estudos que fez sobre as formigas, é também o primeiro autor da controvertida teoria da sociobiologia. Ao sugerir uma explicação genética para uma variedade de comportamentos considerados como tendências, tais como o altruísmo, a agressão e a seleção de parceiros, a sociobiologia tem sido elogiada tanto como um novo paradigma científico importante, quanto fortemente criticada, por ser uma forma de determinismo genético. Dentro de suas limitações, Wilson reafirma sua crença de que “a natureza humana pode ser exposta como um objeto de pesquisa totalmente empírica,

a biologia pode ser posta a serviço da educação liberal e nossa autoconcepção pode ser grande e verdadeiramente enriquecida". O debate neste final de século XX, inspirado por Wilson, é uma demonstração impressionante da persistência dos argumentos politicamente carregados do pensamento biológico.

Edward Osborne Wilson nasceu em 10 de junho de 1929, em Birmingham, no Estado do Alabama. Descreveu sua infância como "bendita", dizendo: "Cresci no velho Sul, num lindo ambiente em grande parte isolado dos problemas sociais." Apesar disso, quando ainda garoto, perdeu seu olho direito num acidente de pescaria. "A atenção de meu olho remanescente se voltou para a terra. Eu, depois, valorizaria as pequenas coisas do mundo, como os animais que podiam ser pegos entre o polegar e o indicador e trazidos mais para perto para serem inspecionados." Quando tinha sete anos, seu pai, Edward Wilson, e sua mãe, Inez Freeman, separaram-se e se divorciaram; depois disso, ele passou um ano numa academia militar. Em 1943, aos 13 anos, foi batizado, mas depois abandonou a fé religiosa ao desenvolver seu interesse em ciência, causando emoções contraditórias, as quais nunca conseguiu resolver por completo. Wilson formou-se no ginásio em Decatur, no Alabama, em 1946.

Na Universidade de Alabama, Wilson estudou biologia, recebendo o bacharelato em 1949 e o mestrado no ano seguinte. Já havia começado a estudar as formigas em seu Estado natal, no Sul, e publicou um artigo, em 1950, sobre as espécies *dacetine*, que descreveu como "sob o microscópio, o mais esteticamente agradável de todos os insetos". Não foi surpresa ter, em 1951, continuado os estudos na Universidade de Harvard, que, como escreveu, "era meu destino. A maior coleção de formigas do mundo estava ali, e a tradição do estudo desses insetos, que se formou em torno da coleção, era antiga e profunda". Associado júnior da Sociedade de Associados de Harvard, de 1953 até 1956, Wilson recebeu o doutorado em 1955, permanecendo na escola, a princípio como professor assistente.

Ainda como aluno graduado, Wilson interessou-se pela maneira como as formigas se comunicavam e ficou intrigado com o trabalho do etologista KONRAD LORENZ [82], que havia demonstrado que os

animais respondem aos estímulos do ambiente com padrões de comportamento fixos e hereditários. Apesar de pouca coisa ser conhecida na época sobre a química do odor, Wilson executou experiências impressionantes com a formiga-de-fogo, que, como ele observou, tocava o abdômen com seu ferrão, deixando-o arrastar no chão. Wilson cortou formigas e triturou cada um de seus órgãos internos à procura de uma substância que tivesse um odor específico. Encontrou a pequena glândula de Dufour, então sem função conhecida, que continha um comunicador químico que veio a ser conhecido como “feromônio”. Outros feromônios foram descobertos mais tarde e ligados a vários sinais, abrindo um novo campo da bioquímica e contribuindo de maneira notável para mais pesquisas, não só com insetos, mas também com outros animais e microorganismos.

As outras investigações de Wilson, durante meados da década de 1950, formaram a base de uma série de descobertas influentes em entomologia. Em 1954, viajou à Nova Guiné para coletar formigas e executou um grande trabalho de taxonomia em sua classificação. Ao mesmo tempo, com William L. Brown, desenvolveu uma crítica controvertida sobre a noção de “subespécies”. E começou uma pesquisa seminal sobre o “deslocamento de características” que acontece quando duas espécies iguais que ocupam a mesma área geográfica se diferenciam geneticamente — presumivelmente para evitar a competição por recursos ou para evitar a combinação que possa resultar em híbridos. Wilson também estabeleceu um princípio importante da biogeografia, que chamou de ciclo de táxon: a tendência de uma espécie, ou de grupos de espécies, de se adaptar, num relacionamento legal, aos habitats marginais.

A evolução da biologia molecular, depois da descoberta da estrutura do DNA em 1953, havia, por volta de 1960, levado a novas divisões acadêmicas. Wilson estava, como recordou mais tarde, “fisicamente preso na armadilha dos Laboratórios Biológicos de Harvard, entre os biólogos celulares e moleculares”. Não era nem amigo de JAMES WATSON [49] — a quem ele descrevia como “o Calígula da biologia” — nem de ERNST MAYR [65], que era, naquela época, muito frio com relação a ele. Em 1964, Wilson transferiu-se para o Museu Harvard de Zoologia Comparativa, onde se tornou

curador de entomologia, enquanto continuava a ensinar como catedrático de zoologia. Por volta da metade da década de 1960, a pesquisa de Wilson sobre as formigas lhe trouxera considerável reconhecimento no campo multidisciplinar da biologia evolucionária, que crescia rapidamente.

No início da década de 1960, numa de suas contribuições mais originais, Wilson desenvolveu, e então testou, a hipótese de que as espécies existem em ambientes escolhidos, num estado de equilíbrio dinâmico. Foi para a península da Flórida com Daniel Simberloff, onde, em primeiro lugar, identificaram toda uma ampla gama de fauna, situada num par de ilhotas minúsculas. Então, sistematicamente, a arrasaram, empregando um exterminador profissional que usou brometo de metila para penetrar e matar todas as formas de vida existentes. Depois da exterminação, cuidadosamente mapearam a recolonização das ilhotas. Mostraram que a população restabelecia, como previsto, o equilíbrio básico. A experiência da península da Flórida e a teoria do equilíbrio das espécies se tornaram uma base importante para pesquisas adicionais na ecologia e na preservação. Wilson colaborou com Robert MacArthur no livro *A Teoria da Biogeografia da Ilha*, de 1967, e com William Bossert em *O Início da Biologia Populacional*, de 1971.

Bem cedo em sua carreira, enquanto observava macacos, Wilson havia ponderado sobre novas maneiras de entender a diversidade nos animais sociais, mas nenhuma nova teoria foi possível na época. “Um sintetizador congenial”, escreveu Wilson em sua autobiografia, “me prendi ao sonho de uma teoria unificada. Por volta do início da década de 1960, comecei a perceber a promessa da biologia populacional para uma possível disciplina-base da sociobiologia.” Wilson desenvolveu uma teoria para a evolução da casta, bem como da agressão, e logo se tornou consciente de uma nova tese de seleção de parentesco — o que levou à hipótese de uma base genética para o comportamento “altruístico”, quando um animal se sacrifica, por exemplo, para assegurar a continuação de seu consangüíneo. Depois de publicar o livro *As Sociedades dos Insetos* em 1971, que incorporava algumas dessas idéias, Wilson foi “levantado pela anfetamina da ambição” para escrever o livro *Sociobiologia: A Nova Síntese*, que apareceu em 1975. “Cobri todos os organismos que pudessem,

ainda que remotamente, ser chamados de sociais”, ele escreveu, “desde as bactérias coloniais e amebas até as tropas de macacos e de outros primatas.”

A *sociobiologia* foi aclamada como tendo preparado a fundação para novos meios de entender os vários comportamentos sociais, que evoluíam a partir das estruturas genéticas. Mas o livro também inflamou grande controvérsia, devido a um único capítulo: *O Homem — da Sociobiologia até a Biologia*. Nele, Wilson colocou como base, com todas as provas previamente acumuladas para insetos e animais, a generalização de que existe uma base evolucionária para um componente genético numa ampla variedade de comportamentos humanos. A religiosidade, o conformismo, a preferência sexual, a xenofobia, a agressão, o auto-sacrifício e numerosas outras propensões, que podem ser classificadas como tendências, Wilson sugeriu que todas podem ter uma base genética adaptativa. “Talvez não seja muito dizer que a sociobiologia e as outras ciências sociais”, escreveu, no livro *Sociobiologia*, “são os últimos ramos da biologia esperando para serem incluídos na Síntese Moderna.”

Wilson não estava preparado para o furor criado por sua sugestão de que os genes têm um papel importante na determinação do comportamento humano, tanto em nível individual quanto em nível cultural. Em Harvard, alguns dos colegas de Wilson, incluindo Stephen Jay Gould e Richard C. Lewontin, formaram um grupo de estudo de sociobiologia e por fim publicaram uma carta, muito comentada, no *New York Review of Books*. A sociobiologia, eles argumentavam, era o tipo de teoria que “tende a dar uma justificativa genética do *status quo* e dos privilégios existentes para certos grupos de acordo com sua classe, raça ou sexo”. Um debate considerável se formou nos dois anos seguintes, não só na imprensa acadêmica, mas também na laica, com vestígios da Nova Esquerda indo para a sala de aula e para a Praça de Harvard, onde alguém com um alto-falante, em protesto, pedia a demissão de Wilson. A irritação gerou um clímax, em 1978, numa reunião da Associação Americana para o Avanço da Ciência, quando pessoas, fazendo demonstrações, cantando “Wilson, você está todo molhado”, jogaram uma garrafa d’água sobre ele, que ficou muito zangado, mas

“suportou essa agressão sobre sua integridade”, como colocou Ashley Montagu, “com civilidade e o apropriado senso de humor”.

Wilson participou dos debates que se seguiram à publicação do livro *Sociobiologia*, começando com um longo artigo destinado ao consumo popular, publicado no *New York Times* em 1975. Seu livro *Sobre a Natureza Humana* ganhou o Prêmio Pulitzer; em 1981, escreveu, com Charles Lumsden, o livro *Os Genes, a Mente e a Cultura*. Não obstante esses livros terem conseguido evocar problemas importantes e fomentar um conflito longo sobre a natureza-nutrição, de modo nenhum os resolveram. Ao seguir a publicação do livro *Fogo de Prometeu*, também escrito com Charles Lumsden e dirigido ao grande público, Wilson efetivamente se retirou do debate, tendo dado, o que ele chamou, sua última palavra sobre o assunto.

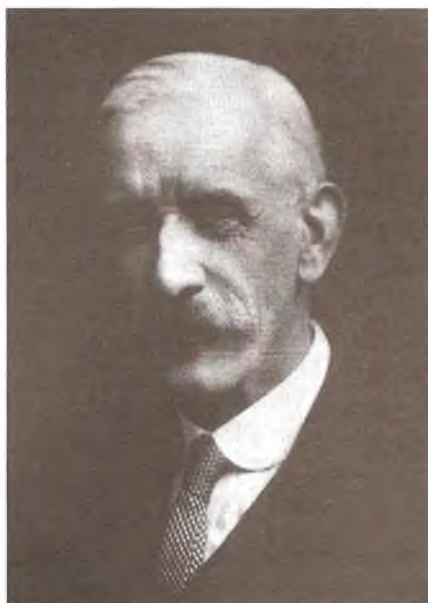
As implicações da sociobiologia sobre o comportamento humano são muitas, continuam a ser discutidas de forma ampla e a inspirar grandes pesquisas, que solidificaram a convicção de seus proponentes, mas pouco conseguiram fazer para convencer os que pensavam o contrário. “A sociedade que escolhe ignorar a existência de regras epigenéticas inatas continuará, apesar disso, a navegar com elas e, a cada momento de decisão, a ceder seus ditames, naturalmente”, acautelou Wilson no final do livro *O Fogo de Prometeu*. “A política econômica, as regras morais, as práticas de criação das crianças e quase toda atividade social serão guiadas pelos sentimentos internos, cujas origens estão além da compreensão.”

Ao mesmo tempo, era possível argumentar que a sociobiologia pode ser perigosa, porque impede a sensação das expressões mais sutis da inteligência humana, da emoção e do comportamento. “Quando a sociobiologia se torna insensata e mercadeja com argumentos genéticos especulativos”, escreveu Stephen Jay Gould, “está falando tolices. Quando é judiciosa e implica a genética, abertamente, na formação da capacidade para o amplo espectro dos comportamentos culturalmente condicionados, então não está sendo muito esclarecedora.” O caráter difícil da sociobiologia humana ficou fortalecido por ser, tanto altamente reducionista e especulativo, quanto por resolver comportamentos complexos — tais como a homossexualidade — pelo uso de chavões genéticos.

Com o debate ainda não terminado, pode-se maravilhar com a extensão com que os genes são o conduto da biologia para a expressão de emoções fortes. Mais recentemente, entretanto, Michael Lind sugeriu: “Tanto o ambientalismo radical quanto o tipo cru de sociobiologia, que tentou ligar diretamente as tendências comportamentais específicas com os genes, parecem estar dando lugar, na comunidade dos estudiosos, a uma visão de consenso, em nuance, de que o potencial humano é flexível, mas restrito nas margens pela hereditariedade.” Quaisquer que sejam seus erros, o trabalho de Wilson não deve ser confundido com as formas mais cruas do determinismo genético, que permanece presente nas margens sociais, com uma forte tendência política nativista.

Em anos recentes, Wilson passou a ser um ativista do ambiente, preocupado com a perda da biodiversidade, ocasionada pela implacável destruição das florestas úmidas e de outros habitats. Também desenvolveu uma teoria especulativa, que chama de “biofilia”, para explicar a afinidade que os seres humanos possuem com relação aos outros seres vivos. O livro *As Formigas*, publicado em 1991, deu-lhe um segundo Prêmio Pulitzer, e o livro *A Diversidade da Vida*, de 1992, também foi muito elogiado.

Em 1955, Edward Wilson casou-se com Irene Kelly e tiveram uma filha, Catherine. O livro *O Naturalista*, publicado em 1994, é uma autobiografia chamativa, escrita com elegância e que mistura o pessoal e o intelectual. Entre os muitos prêmios de ciência ganhos por Wilson estão a Medalha Nacional de Ciência, de 1977, o Prêmio Crafoord da Academia Real Sueca de Ciências, de 1990, e o Prêmio Internacional do Governo Japonês para Biologia, de 1993.



Frederick Gowland Hopkins

& as Vitaminas

(1861 – 1947)

Durante séculos, as idéias principais sobre dieta e nutrição seriam derivadas de personagens como Hipócrates e Galeno, tidos como autoridades pelos estudiosos medievais. O alimento era reconhecido como sendo um componente da saúde e da doença e parte de um conceito maior de *diatia*, ou “maneira de viver”, e os vários alimentos foram classificados de acordo com a teoria dominante dos “humores”. E, no pensamento do período do Iluminismo, a digestão constituía um processo mecânico de ralar e de amassar a serviço da

manutenção da máquina. Com o advento da medicina experimental e de personagens como CLAUDE BERNARD [13], tornou-se possível um pouco mais de sutileza. Finalmente, os avanços em química, obtidos no século XIX, prepararam o terreno para um entendimento melhor da nutrição. Aplicaram-se novos conceitos ao seu estudo e, com maior sucesso, por um dos fundadores da bioquímica, o pesquisador de medicina Frederick Gowland Hopkins.

Hopkins nasceu em Eastbourne, no Sussex, em 20 de junho de 1861. Seu pai, Frederick Hopkins, morreu logo depois de seu nascimento, e sua mãe, Elizabeth Gowland Hopkins, voltou para a família em Londres. Foi lá que o jovem Frederick encontrou uma figura paterna impiedosa, encarnada num tio, e teve uma educação sem maiores distinções. Isolado e, muitas vezes, solitário em criança, firmou-se como um leitor voraz e admirador de Charles Dickens. A família Hopkins tinha membros na literatura, sendo o poeta Gerard Manley Hopkins primo em segundo grau de Frederick. Apesar de não ter sido excepcional no colégio, em casa Frederick era fascinado pelo microscópio de seu falecido pai. "Senti em meu íntimo", escreveu, mais tarde, "que os poderes do microscópio, assim revelados, eram algo muito importante." Ficou interessado em besouros, e seu primeiro artigo científico, publicado quando tinha 17 anos, se referia à nuvem púrpura defensiva emitida pelo besouro bombardeiro.

A educação superior de Hopkins seguiu um caminho longo e tortuoso. Ainda aos 17 anos e como não estava destinado a ir para a universidade, seu tio lhe arranhou um trabalho numa companhia de seguros. Ele só ficou por seis meses. Então, teve três anos de treinamento em métodos estatísticos, antes de tomar parte em cursos de tempo parcial, em química, na Universidade de Londres. Quando uma pequena herança permitiu que continuasse sua educação, passou a estudar medicina. Recebeu seu diploma em 1894. Até 1898, trabalhou como assistente de um especialista em medicina legal, no Guy's Hospital, e participou de alguns julgamentos de crimes famosos. Entre eles estavam o caso de Florence Maybrick, que comprou grande quantidade de papel de pegar moscas, antes que seu marido fosse encontrado morto envenenado por arsênico, e o da bela Adelaide Bartlett, cujo amante lhe trouxe um frasco de

clorofórmio, pouco antes de seu marido aspirar um excesso da substância.

Enquanto trabalhou no Guy's Hospital, Hopkins desenvolveu um teste para a presença de ácido úrico nos fluidos corporais. Este teste logo foi amplamente empregado na medicina e na pesquisa. Mas seu trabalho mais importante sobre as proteínas, os aminoácidos e a química das enzimas esperaria até que se transferisse para a Universidade de Cambridge, para onde foi, em 1898, a convite de Michael Foster, que também havia reconhecido o talento de CHARLES SHERRINGTON [66]. E foi lá, finalmente, com quase 40 anos, que Hopkins começou o trabalho mais importante de sua carreira.

A descoberta por Hopkins do conceito de vitamina surgiu na virada do século. Em 1900, descobriu o aminoácido triptofano e a reação do triptofano, isolando essa substância das proteínas e mostrando sua importância na dieta. Na verdade, Hopkins chegou a uma encruzilhada histórica, pois havia surgido a crença de que somente as proteínas seriam responsáveis pela nutrição. Hopkins descobriu que o triptofano era um nutriente essencial e, além disso, que os aminoácidos determinam a qualidade das várias proteínas compostas por eles. Durante a primeira década do século, Hopkins fez experiências que mostraram que os animais não crescem devidamente, como declarou em 1909, "quando alimentados com as chamadas dietas 'sintéticas', consistindo de uma mistura de proteína pura, gorduras, carboidratos e sais". E, ao mesmo tempo, outras substâncias encontradas em alimentos comuns "podem, quando adicionadas à dieta, em quantidades muitíssimo reduzidas, garantir a utilização, no crescimento, da proteína e da energia contida nessas misturas artificiais". O que Hopkins chamou, em 1906, de "fatores acessórios dos alimentos" eram as substâncias hoje conhecidas como vitaminas.

Atualmente, cerca de 14 substâncias se qualificam como vitaminas principais — as definidas como necessárias ao crescimento normal e à manutenção da saúde. A primeira delas já havia sido descoberta em 1897, o que foi percebido somente anos depois. Christiaan Eijkman descobrira que suas galinhas experimentais desenvolveriam o beribéri, uma doença degenerativa e de base neurológica, se fossem alimentadas somente com arroz polido. A

substância vital perdida pelo grão natural era a tiamina ou a vitamina B₁. O isolamento das diversas vitaminas aconteceu durante várias décadas. A vitamina E, por exemplo, foi notada pela primeira vez em 1922, purificada em 1936 e analisada quimicamente dois anos mais tarde. Mas o princípio fundamental para todas as vitaminas permanece como o conceito de Hopkins de um nutriente “acessório” necessário. “Foi somente por meio do trabalho de Hopkins”, escreveu Ernest Baldwin, “que a existência das vitaminas se tornou firme e finalmente estabelecida.” Por causa desse trabalho é que, em 1929, Hopkins ganhou o Prêmio Nobel de Fisiologia/Medicina, compartilhada com Eijkman.

O trabalho de Hopkins sobre o conceito da vitamina é representativo de seu significado mais geral no desenvolvimento da bioquímica. Apesar de ser um pesquisador, trouxe para esta ciência em desenvolvimento uma habilidade conceitual considerável. Reconheceu a importância de utilizar conceitos físicos, como as leis da termodinâmica, para entender a tremenda complexidade da célula. E ao mesmo tempo percebeu que as experiências tinham de ser feitas com organismos vivos. A química da célula poderia não ser totalmente entendida em sua total complexidade, quando estudada como uma forma de mecânica química em tubos de ensaio. Em seu artigo *O Lado Dinâmico da Bioquímica*, uma conferência dada em 1913 forneceu o que Neil Morgan chama de “uma afirmação clássica, formulando a bioquímica como uma ciência unitária, baseada no estudo do metabolismo dinâmico, intermediado pelas enzimas”.

Nomeado para a cátedra, então aberta, de bioquímica na Universidade de Cambridge, em 1914, durante a Primeira Guerra Mundial, Hopkins reconheceu que a margarina — o novo substituto para a manteiga, então racionada — não possuía nutrientes essenciais, o que levou ao primeiro alimento fortificado. Continuou suas pesquisas depois da guerra e descobriu o *glutathione*, um antioxidante importante, com funções bioquímicas essenciais para a célula. A pesquisa sobre o *glutathione* continuaria a mantê-lo ocupado durante alguns anos. Hopkins também estudou a química do ácido láctico que é o produto da queda da glicose no tecido muscular.

Nenhum indivíduo, isoladamente, pode dizer ter fundado a

bioquímica, mas Hopkins foi um personagem importante, não só na colocação de seus princípios fundamentais, mas também como professor. De 1921 até 1943, Hopkins foi o professor na cátedra de sir Frederick William Dunn, de bioquímica, em Cambridge. Em 1924, as instalações de seu laboratório melhoraram muito com a inauguração do Instituto Dunn de Bioquímica. Hopkins desenvolveu uma reputação interna, treinando vários estudantes, que avançaram seu trabalho e disseminaram suas idéias no exterior.

Curiosamente, Hopkins era tido como não sendo emocionalmente tão sólido quanto suas realizações. Parece ter sofrido um curto problema nervoso em 1910, e durante toda sua vida teve dúvidas sobre sua habilidade intelectual. Isso continuou sendo verdade, mesmo depois de haver sido eleito membro da Real Sociedade em 1905. Serviu como presidente da sociedade em 1931, recebeu o título de cavaleiro em 1925 e a prestigiosa Medalha Copley em 1926. Foi casado com Jessie Ann Stevens, com quem teve três filhos. Hopkins morreu em 16 de maio de 1947.

85



Gertrude Belle Elion & a Farmacologia

(1918 – 1999)

Na segunda metade do século XX, amplos avanços na bioquímica e na tecnologia médica criaram um clima bem favorável para o desenvolvimento de tratamentos com novas drogas para uma série de doenças. Não faltam personagens responsáveis por descobertas fundamentais em farmacologia, mas, talvez, nenhum tinha mais projeção do que Gertrude Belle Elion. Em colaboração com George Hitchings, no Burroughs Wellcome, Elion contribuiu com grandes avanços no desenvolvimento de uma das primeiras drogas eficientes no combate à leucemia. Um derivado dessa mesma medicina básica foi, mais tarde, usado para facilitar o transplante de órgãos. Durante

a década de 1970, Elion conseguiu desenvolver a primeira medicação antiviral, segura e potente, para o combate à infecção causada pelo herpes, o aciclovir. Subjacentes a essas descobertas de drogas, estavam as novas percepções sobre a maneira pela qual os vários micróbios e vírus metabolizam os ácidos nucleicos, seu principal bloco de construção. Em 1988, juntamente com Hitchings e James Black, Elion recebeu o Prêmio Nobel em Fisiologia/Medicina.

Filha de imigrantes judeus da Europa Oriental, Gertrude Belle Elion nasceu na cidade de Nova York, em 23 de janeiro de 1918. Seu pai, Robert Elion, veio originalmente da Lituânia, e sua mãe, Bertha Cohen, de uma família estudiosa de judeus russos que haviam emigrado para os Estados Unidos em 1914. Apesar de Robert Elion ter sido um dentista de sucesso, a Depressão acabou com a prosperidade da família. A morte do avô de Gertrude, quando esta tinha 16 anos, deu-lhe uma motivação duradoura, ela contou, para ajudar as pessoas com o auxílio da medicina, o que foi intensificado quando seu noivo morreu de infecção bacteriana. Elion cursou a Walton High School, formando-se em 1933, aos 15 anos. No Hunter College, na época uma universidade livre para mulheres na cidade de Nova York, com um sistema competitivo de admissão, Elion logo escolheu a química. Formou-se *summa cum laude* em 1937.

Por ser mulher, foi difícil para Elion durante a Grande Depressão encontrar trabalho em pesquisa médica. Depois de várias vezes assistente de laboratório, começou a ensinar física e química no ginásio, empenhando-se para conseguir um diploma de mestrado, que recebeu da Universidade de Nova York em 1941. Logo depois que os Estados Unidos entraram na Segunda Guerra Mundial, Elion trabalhou como analista de alimentos na Quaker Maid — verificava a cor da maionese, entre outras tarefas — e trabalhou, durante um breve período, para a Johnson & Johnson, um laboratório farmacêutico novo, mas que não durou muito. Nos anos iniciais da carreira, Elion sofreu uma boa dose de discriminação; não foi contratada para uma função, por exemplo, sob o pretexto de que sua atratividade física distrairia os outros empregados. “A guerra mudou tudo”, ela contou. “Quaisquer reservas que pudesse haver sobre o emprego de mulheres em laboratórios simplesmente evaporaram.” Em 1944 — por sugestão do pai — conseguiu um cargo de

bioquímica com o Wellcome Research Laboratories, onde ficaria até o final de sua carreira.

Na Burroughs Wellcome, uma companhia britânica que incentivava a pesquisa para descobrir drogas destinadas ao tratamento de doenças graves, Elion recebeu a influência de George Hitchings, chefe do departamento de bioquímica. Hitchings possuía, e transmitiu para Elion, um comprometimento com o programa racional de pesquisa de drogas em lugar das procuras antigas, meio desordenadas, por novas drogas, mediante a verificação de um grande número de produtos químicos. As poderosas drogas de sulfa haviam sido recentemente desenvolvidas, e Hitchings e outros suspeitavam de que certas substâncias, que interferiam com o metabolismo dos micróbios, poderiam vir a se tornar drogas poderosas.⁴¹ Isso o levou a estudar os ácidos nucleicos, que na época não eram entendidos como sendo o DNA e o ARN, os portadores do código genético, mas como estruturas moleculares necessárias para o crescimento e para a reprodução. Hitchings entregou a Elion o estudo das purinas — moléculas que compreendem dois dos blocos de construção do ácido nucleico, a adenina e a guanina.

Apesar de o processo de fazer e testar vários compostos ser lento, por volta de 1948, Elion e Hitchings haviam encontrado uma substância da purina, chamada de diaminopurina. Quando foi testada em pacientes, no Sloan-Kettering Institute, descobriu-se que inibia o prosseguimento da leucemia. Inicialmente, os efeitos tóxicos colaterais da diaminopurina eram por demais severos, mas, alguns anos mais tarde, foi introduzido um composto mais apropriado, depois que Elion sintetizou uma substância chamada de 6-mercaptopurina. O 6-MP teve seu lançamento no mercado durante a década de 1950, com a ajuda do colunista de rádio e de jornal Walter Winchell, numa época em que as remissões mais dramáticas duravam apenas cerca de um ano, ou menos, antes que a doença voltasse. Aprimoramentos posteriores na terapia, entretanto, fize-

⁴¹ A primeira droga de sulfa, o prontosil, foi sintetizada em 1932 por Gerhard Domagk, para combater infecções de estreptococos. Funcionava, como foi entendido muitos anos mais tarde, interrompendo o metabolismo bacteriano. A penicilina, descoberta por ALEXANDER FLEMING [97] e outros, atuava com maior eficiência numa gama mais ampla de bactérias e era muito menos tóxica.

ram com que a leucemia infantil se tornasse uma doença largamente curável e para a qual o 6-MP ainda era o tratamento padrão.

Em seguida a seu sucesso com o 6-MP, Elion e Hitchings desenvolveram outras drogas na mesma base. Um parente químico, a 6-tioguanina, era efetivo no tratamento de outra forma de leucemia. Essas drogas atuavam por interferência na multiplicação das células brancas do sangue e, mais tarde, verificou-se que também suprimiam o sistema imunológico. Isso era uma reação desejável, no caso do transplante de órgãos, como foi logo percebido, e, no final da década de 1950, uma forma de 6-MP foi preparada, que, por desativar a resposta do corpo no caso implante $\times$ hospedeiro, permitiu o sucesso do primeiro transplante de rim. E ainda segue sendo parte do tratamento. Uma das drogas desenvolvidas por Elion e Hitchings, o alopurinol, não teve efeito contra o câncer, mas obteve sucesso no tratamento da gota e na prevenção de pedras nos rins.

As realizações de Elion e Hitchings foram impressionantes dentro da química orgânica. Seu sucesso, como escreveu Bruce Chabner, "dá ênfase à importância da paciência, da persistência, da química inovadora e da colaboração clínica astuta na descoberta de drogas". Com a promoção de Hitchings para diretor de pesquisas em 1967, Elion foi nomeada chefe do departamento de terapia experimental da Burroughs Wellcome.

Os antibacterianos haviam sido desenvolvidos extensamente por volta da década de 1960, e as vacinas conseguiram prevenir a varíola. Mas fora a raiva e o pólio, pouco progresso havia sido feito no tratamento de qualquer das doenças virais conhecidas, que vão do resfriado comum até o sarampo, a influenza e a hepatite. Uma família de vírus, a do herpes, causa várias doenças, desde feridas, relativamente inócuas, até o herpes genital, que pode levar a defeitos congênitos. O vírus do herpes é também, em raras ocasiões, responsável por uma forma de encefalite, que pode ser fatal. A partir do final da década de 1960, Elion começou a investigação das propriedades de compostos relacionados com as substâncias anticancerígenas iniciais. O resultado foi o aciclovir.

O aciclovir — nome genérico para um nucleosídeo de purina acíclico —, produto antiviral, baseado numa estratégia de pílula

venenosa, foi mostrado por Elion como interferente no ciclo de replicação normal do vírus do herpes. Ao invadir a célula, o vírus produz uma enzima, que usa para a reprodução e que se combina com o aciclovir no esforço para produzir um nucleotídeo — um bloco de construção do DNA — que, entretanto, é fatal para toda a operação. Inicialmente mantido em segredo, por razões de propriedade, até que os testes clínicos houvessem começado, a Burroughs Wellcome anunciou a droga em 1978, com um ruído que se provou ser justificado pela potência que apresentava. Elion descreveu a descoberta do aciclovir, que ela creditou a toda a equipe do Burroughs Wellcome, como sua “jóia final” de descobertas.

O aciclovir também representou uma prova a mais da estratégia antimetabólica. “Havíamos, finalmente, mostrado que as drogas antivirais podiam ser seletivas”, escreveu Elion mais tarde, “e que uma poderia capitalizar sobre as diferenças entre as enzimas virais e as celulares.” A estratégia básica de pesquisa, empregada por Elion, foi também usada para o desenvolvimento do AZT, a primeira droga



poderosa no tratamento do vírus da imunodeficiência humana, causador da AIDS.

Depois de receber o Prêmio Nobel em 1988, Elion tornou-se uma personalidade eminente da ciência americana. Aposentada em 1983, vem, desde então, sendo consultora da Burroughs Wellcome, fazendo várias conferências, ensinando na Duke University e em outras universidades e servindo, de maneiras variadas, a série de organizações. Foi eleita para a Academia Nacional de Ciências em 1990 e recebeu a Medalha Nacional de Ciências em 1991. Elion nunca se casou, depois da morte de seu noivo na década de 1930, mas manteve laços muito íntimos com sua família. Onze membros da família a acompanharam à cerimônia da entrega do Prêmio Nobel, em Estocolmo. O fato de não ter um diploma formal de doutorado fez com que fosse uma ganhadora rara. Elion, desde 1969, recebeu cerca de 20 diplomas honoríficos.



Hans Selye

& o Conceito de Estresse

(1907 – 1982)

O conceito de estresse é fácil de entender. Com uma simples palavra, exprime os problemas impostos pela vida num mundo de incertezas. Com centenas de maneiras de se acumular, e com tudo, desde a terapia de massagem, as vitaminas e a meditação, sendo empregado para combater seus efeitos negativos, o estresse tornou-se uma rotina do dia-a-dia. Democrático, pode afligir a todos, exceto os que vivem em isolamento ou os que são “santificados”. Pode ser discutido, sem timidez, por todos e responsabilizado, pelo menos em parte, por quase tudo de ruim que vem a ocorrer a uma pessoa. O estresse é tão popular, na verdade, que muitas vezes pode se esquecer

de que tem uma forte base na medicina científica, que inspirou muita pesquisa e que provocou uma aliança, antes desprezada, entre a medicina e a psicologia. É, também, um equilíbrio provocativo ao reducionismo severo da maior parte da pesquisa biológica e médica, dando uma perspectiva que é um holismo, no melhor sentido dessa palavra. O criador do conceito de estresse foi o médico vienense Hans Selye.

Hans Hugo Bruno Selye nasceu em 26 de janeiro de 1907, em Viena, filho de Maria Felicitas Langbank e de Hugo Selye, um conhecido cirurgião, proveniente de uma família de médicos. A educação de Selye foi iniciada em casa, com uma governanta; mais tarde, cursou o colégio dos padres beneditinos. Em 1924, começou os estudos de medicina na Universidade Alemã de Praga, passando um ano no exterior, nas Universidades de Paris e de Roma, antes de receber o diploma de médico em 1929. Selye continuou os estudos de pós-graduação em química orgânica, recebendo o Ph.D. em 1931. Ao emigrar para os Estados Unidos, Selye ficou um ano na Universidade John Hopkins, indo então para a Universidade McGill, em Montreal, onde, em 1933, permaneceu como conferencista de bioquímica.

Selye, muitas vezes, contava sobre a gênese do conceito de estresse, uma história curiosa de descoberta, desapontamento e revelação. Sua primeira visão fugaz da idéia foi em 1925, enquanto ainda era estudante de medicina. Durante apresentações clínicas, Selye foi levado a ficar imaginando por que tantos pacientes, nas fases iniciais de várias doenças, apresentavam os mesmos sintomas. Dores generalizadas, problemas estomacais, perda de peso e outros diagnósticos eram característicos de muitas doenças que os professores apontavam normalmente, mas para as quais davam pouca atenção. O foco se concentrava na verdade nos sinais específicos de uma doença em particular — a inchação das glândulas parótidas na caxumba, por exemplo. Selye começou a pensar, de passagem, por que seria que uma grande variedade de doenças, na realidade, compartilhava de muitos dos mesmos sintomas, especialmente em seus estágios iniciais.

Apesar de Selye ter perdido de vista essa “síndrome, causada por estar somente doente”, durante uma década, enquanto continuava seus estudos, ele a recuperou novamente em 1935. Ao procurar um

novo hormônio bovino — a endocrinologia aparecia como um campo novo e em expansão —, Selye injetou extratos de ovários de vacas em ratos. Isso provocou um conjunto de reações características nos animais. A camada exterior do córtex das glândulas supra-renais aumentou, enquanto o timo se reduziu, e úlceras, em sangramento, apareceram no estômago e nos intestinos. Um grupo de sintomas como esses nunca havia sido observado, e a princípio, acreditando que pudesse ter encontrado um novo hormônio, Selye ficou entusiasmado.

Mas sua elação não iria durar. Ao injetar em ratos todos os tipos de extratos de órgãos — de placenta, do baço e dos rins — provocou a produção do mesmo trio de sintomas. Suas esperanças de ter encontrado um novo hormônio se desfizeram, e Selye ficou desesperado, até que, como ele escreveu mais tarde, “meus olhos se fixaram num frasco de formol que, por acaso, estava numa prateleira na minha frente”. Uma substância venenosa, usada para preservar os tecidos, e Selye, então, injetou-a em suas cobaias e obteve os mesmos resultados. Parecia, então, que *qualquer substância tóxica* levava ao mesmo conjunto de sintomas. “Acredito que eu nunca tenha ficado tão profundamente desapontado. Subitamente, todos meus sonhos de descobrir um novo hormônio foram destruídos.”

Então, teve uma recordação de seus dias de estudante de medicina. Lembrou-se dos sintomas iniciais, produzidos por tantas doenças infecciosas. Reconheceu algo de semelhante nos sintomas dos ratos, com supra-renais aumentadas, timo reduzido e as úlceras com hemorragia. Também lhe ocorreu que muitos dos tratamentos para as várias doenças eram essencialmente os mesmos: os pacientes seriam aconselhados a repousar, a comer alimentos simples e a se manter aquecidos. “Se pudéssemos provar que o organismo tinha um padrão geral de reação não específico”, escreveu Selye, “com o qual poderia fazer frente aos estragos causados por uma variedade de produtores potenciais de doenças, essa reação defensiva poderia se prestar a uma verdadeira análise científica, estritamente objetiva.” Assim, nasceu o conceito de estresse.

O primeiro artigo de Selye sobre o estresse foi publicado em *Nature*, em 1936, sob a forma de uma carta para o editor. Logo desenvolveu a idéia da *Síndrome de Adaptação Geral* (GAS), à qual

deu uma explicação para a reação ao estresse, em três estágios. O primeiro estágio do estresse seria a *reação de alarme*, que era seguido pelo *estágio de resistência* e, finalmente, por um *estágio de exaustão*. Esses não eram termos para impressionar, mas sim associados com a maneira com que o corpo descarrega seus hormônios corticais disponíveis, os repõe e finalmente os exaure. Selye achou, a princípio, que as reações de estresse eram puramente hormonais. Mais tarde, a grande importância da glândula pituitária, ligada ao hipotálamo no cérebro, foi reconhecida, e verificado seu papel na resposta ao estresse. Atualmente, supõe-se que os neurotransmissores governam a secreção de neuro-hormônios, os quais, por sua vez, regulam a secreção do hormônio adenocorticotrofina (ACTH) que provoca a resposta ao estresse. Como tudo se relaciona com o cérebro, a totalidade da química do estresse ainda espera por uma maior clarificação.

A teoria do estresse não foi imediatamente aceita. O conceito foi criticado pelo eminente Walter B. Cannon, que tinha desenvolvido o conceito moderno de homeostase; Selye, logo após, declarou: "Tão poucos, entre os investigadores reconhecidos e experientes, em cujos julgamentos eu poderia confiar, concordaram com meus pontos de vista e, na verdade, não seria tolo e presunçoso para um iniciante contradizê-los? Talvez eu houvesse simplesmente desenvolvido um ponto de vista distorcido e, quem sabe, estivesse simplesmente desperdiçando meu tempo?" Entretanto, Selye conseguiu a ajuda de sir Frederick Banting; esse canadense, pioneiro no uso da insulina na diabetes, ajudou-o a conseguir uma pequena verba de pesquisa. Embora a resistência ao conceito de estresse tenha continuado por alguns anos, a monografia preparada por Selye em 1950, *O Estresse*, trouxe com ela uma quantidade expressiva de provas experimentais. Selye começou a publicar um anuário devotado ao estresse, e as novas descobertas em endocrinologia tendiam a confirmar sua teoria.

Por meio das pesquisas que ele e muitos outros fizeram, Selye veio, enfim, identificar um componente do estresse num grande número de doenças: doenças cardiovasculares e problemas de todos os tipos, relacionados com o coração; as doenças inflamatórias, incluindo as reações alérgicas; e mesmo as doenças infecciosas,

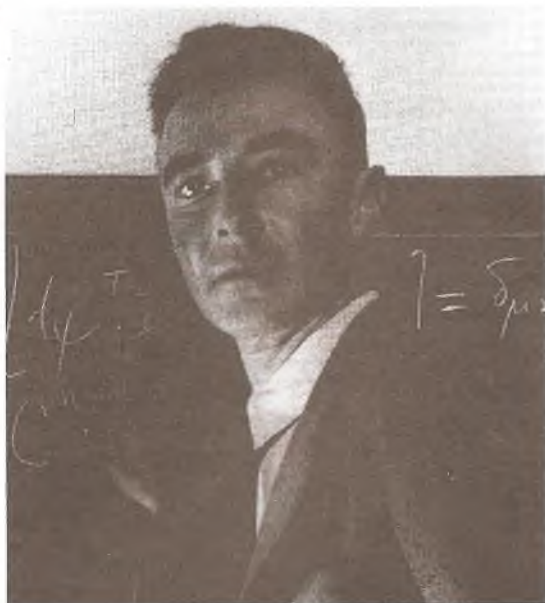
como o resfriado comum. As desordens psicossomáticas de vários tipos, desde os problemas digestivos, a obesidade e as disfunções sexuais, são com freqüência relacionadas ao estresse. Por volta de 1975, Selye podia afirmar que havia 110 publicações sobre estresse, tendo sido o autor de mais de 30 livros e 1.500 artigos.

Selye escreveu também livros populares e até inspiradores, além dos acadêmicos. O livro *O Estresse da Vida* apareceu, pela primeira vez, em 1956, e tornou-se um clássico; alguns anos mais tarde, Selye publicou o livro *O Estresse sem Angústia*. Selye, que tinha ciência da importância da auto-expressão e da criatividade, discutiu a meditação transcendental e o Hare Krishna. Uma característica distintamente de *alta burguesia* aparece no que escreveu e ele é, algumas vezes, altamente didático. Diz às pessoas como dormir e a aceitar a vida do modo que ela acontece. Até escreveu um manual de instruções para os cientistas, *Do Sonho à Descoberta*, dizendo: “Como se Comportar”, “Como Pensar” e “Como Trabalhar”. Selye tinha uma visão anacrônica da “causalidade propositada” e concordava com seu companheiro vienense KONRAD LORENZ [82], de que existiam “espécies que mantinham uma telcologia proposital”. Tais formulações não podiam encontrar muito suporte na ciência, nem naquela época, nem agora.

Apesar de bem formulados, os conceitos de estresse foram desafiados, de várias maneiras, nos últimos anos. Atualmente, os pesquisadores de estresse, algumas vezes, distinguem o estresse social, psicológico e fisiológico, e o conceito mais moderno de “agüentar” se tornou importante. Ao apontarem a alta sensibilidade do sistema hormonal com referência ao estímulo emocional, o pesquisador de estresse, Richard S. Lazarus, e outros contestaram a idéia básica de que o estresse acontece como uma reação puramente não específica a um agente tensionante. Assim, estar *resfriado* não invoca necessariamente o mesmo estresse do que estar *desagradavelmente resfriado*. Mas isso é tão-somente uma mudança de ênfase, refletindo o interesse que os psicólogos vêm dando ao conceito e à importância crescente dos vários tipos de gerenciamento do estresse.

Um cientista enérgico que se manteve em ótima forma física por toda a vida, que falava 10 línguas, Selye, de 1945 até sua aposentadoria em 1977, foi professor e diretor do Instituto de Medicina e

Cirurgia Experimental da Universidade de Montreal. Também foi presidente do Instituto Internacional de Estresse, que havia fundado em 1976. Selye foi casado com Frances Rebecca Love desde 1930, com Gabrielle Grant, desde 1949, e com sua terceira mulher, Louise Drevet, desde 1978. Trabalhador compulsivo, a julgar pelos trechos de diário inseridos em sua autobiografia, *O Estresse de Minha Vida*, não era fácil de se conviver, e Selye achava que poucos cientistas “[gastam] tempo equivalente com suas famílias ou [dão] atenção equivalente aos problemas políticos da maneira que deveria um bom cidadão”. Do mesmo modo que muitos pesquisadores sobre o estresse que o seguiram, ele era, entretanto, levado por uma simpatia abstrata, mas verdadeira: “Em meu modo de pensar”, escreveu, “as qualidades mais elevadas da humanidade são uma atitude calorosa para com nossos parentes e particularmente a compaixão para todos que sofrem de doenças, pobreza ou de opressão.” Hans Selye morreu em 16 de outubro de 1982.



J. Robert Oppenheimer & a Era Atômica

(1904 – 1967)

O esforço feito para criar uma bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial foi dirigido pelo físico teórico americano J. Robert Oppenheimer. “Há uma concordância geral”, escreveu Gerald Holton, “de que ninguém mais poderia ter dirigido tão bem o grande grupo de cientistas de primeira linha, congregados em Los Alamos, sob condições de guerra, difíceis e provocadoras de pânico.” Mais tarde, Oppenheimer tornou-se um representante importante para a comunidade científica internacional, mas na década de 1950 perdeu muito de sua influência com o governo. Ele se opôs à corrida armamentista que estava em evolução com a União Soviética e foi

contrário à construção da bomba de hidrogênio. Oppenheimer deu uma resposta à primeira explosão-teste da Bomba-A, em julho de 1945, com palavras que ficaram famosas: "Sabíamos que o mundo não seria mais o mesmo" e lembrou uma frase da escritura hindu: "Agora, eu me tornei a Morte, o destruidor de mundos." Sua carreira é uma forte ilustração do inter-relacionamento entre ciência, tecnologia e metas governamentais.

J. Robert Oppenheimer nasceu em 22 de abril de 1904, na cidade de Nova York, filho mais velho de Julius Oppenheimer e de Ellie Friedman. Julius, um imigrante judeu, veio da Alemanha, tendo chegado aos Estados Unidos em 1888; tornara-se um comerciante de sucesso; sua mulher era professora e pintora. Robert Oppenheimer desfrutou de uma infância privilegiada, tendo cursado a Ethical Culture School, uma escola particular em Manhattan. Da mesma forma que muitas crianças dotadas, ele se sentia melhor com adultos do que com seus colegas; com 12 anos, foi aceito como membro da Sociedade Mineralógica de Nova York, onde os membros imaginaram, por suas cartas, que ele era um adulto. Tinha uma memória extraordinária, aprendeu uma série de línguas no ginásio e se formou, em 1921, sendo o orador da turma.

Na Universidade de Harvard, a qual cursou apesar do anti-semitismo predominante, Oppenheimer fez inicialmente o curso de química; mas, sob a influência de Percy Bridgman, interessou-se pela física, antes de se formar, *summa cum laude*, em 1925. Oppenheimer fez-se associado do Cavendish Laboratory, em Cambridge, mas sua estada na Inglaterra não foi feliz, pois foi marcada por um período de instabilidade emocional. Ele, entretanto, aprendeu que não era um pesquisador e, daí em diante, concentrou-se na física teórica.

Ao transferir-se para a Universidade de Göttingen em 1926, Oppenheimer conheceu alguns dos personagens principais que remodelavam a teoria da mecânica quântica: MAX BORN [32], WERNER HEISENBERG [15] e Wolfgang Pauli. Depois de receber o Ph.D. em 1927, Oppenheimer permaneceu na Europa e passou a ser um dos primeiros a trabalhar na Teoria Quântica, aplicada à eletrodinâmica. Seu trabalho mais importante, com Max Born, levou ao desenvolvimento de uma teoria de comportamento molecular, que

veio a ser chamada de aproximação Born-Oppenheimer. É interessante notar que Born achava o jovem Oppenheimer arrogante e não gostava dele.

Quando Oppenheimer voltou para os Estados Unidos em 1929, tinha a fama de ser a autoridade principal, na América, da nova física quântica. Ocupando a posição de professor, tanto na Universidade da Califórnia, em Berkeley, quanto no California Institute of Technology, em Pasadena, Oppenheimer, por fim, tornou-se um professor excepcional, que atraía um grande número de estudantes graduados bem-sucedidos e de associados de pós-doutorado. De acordo com seu amigo HANS BETHE [58], na Caltech, “Oppenheimer criou a melhor escola de física teórica que os Estados Unidos jamais tiveram”. Comprou uma fazenda no Novo México e cultivava a imagem de homem do campo, compensando um enfraquecimento que tivera quando jovem. Durante a década de 1930, as contribuições científicas de Oppenheimer incluíram artigos significativos sobre a teoria do pósitron, a primeira “antipartícula” — a contrapartida do elétron, que PAUL DIRAC [20] havia previsto em 1930 e que somente foi verificada experimentalmente em 1932. De modo geral, Oppenheimer demonstrava a capacidade de imaginar o relacionamento entre a física teórica e a experimental, que lhe foi de grande utilidade, vindo a ser a tarefa principal de sua carreira.

Com o início da Segunda Guerra Mundial na Europa, refletiu sobre a construção de uma bomba de fissão nuclear; essa idéia ganhou força, quando os Estados Unidos entraram na guerra, em fins de 1941. Naquela época, Oppenheimer já havia começado a pesquisa nuclear, e uma de suas primeiras realizações foi a estimativa da quantidade de isótopo de urânio U-235 necessária para fazer uma bomba atômica.

No final de 1942, Oppenheimer tornou-se diretor das novas unidades de pesquisa, em Los Alamos, um laboratório de alta segurança, associado à Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento Científico, onde a bomba atômica foi desenvolvida e construída. Oppenheimer ganhou a confiança dos cientistas, até mesmo dos muitos emigrados da Europa, e sua capacidade de obter resultados práticos a partir da teoria impressionou os militares norte-americanos. Apesar de não ter uma bagagem administrativa, mostrou ter

considerável capacidade organizacional e entender como coordenar, com eficiência, o trabalho com as universidades. Conhecido pelo nome-código de Mr. Bradley, dirigiu as operações de cerca de 4.500 pessoas. O problema para o governo era a consciência política de Oppenheimer: até o início da guerra considerava-se um pacifista.

Em 16 de julho de 1945, às 5h29min, o “Homem Gordo”, a primeira bomba nuclear, foi detonado no deserto do Novo México, derretendo a areia e criando uma imensa cratera. Oppenheimer pertencia a um grupo de quatro cientistas que recomendaram, após algumas considerações, que a bomba fosse usada contra o Japão, uma decisão da qual, mais tarde, ele se arrependeu. Em 6 de agosto, os Estados Unidos lançaram uma bomba atômica em Hiroshima, seguida, três dias depois, de uma segunda bomba sobre Nagasaki. Em 10 de agosto a guerra havia terminado, com a rendição do Japão. A contagem de mortos pelas duas bombas atômicas ficou em cerca de 140 mil, em 1945, e algo como 60 mil mortes adicionais, causadas pelos efeitos de longo prazo, que se fizeram sentir nos cinco anos seguintes.

Em 1946, Oppenheimer recebeu a Medalha de Mérito Presidencial, concedida por Harry S. Truman. Permaneceu durante algum tempo como um importante executor de política científica e, como escreveu o sociólogo Philip Reiff, “tornou-se o símbolo do novo *status* da ciência, na sociedade americana. Seu rosto e sua figura, fina e elegante, substituíram a Einstein como a imagem pública do gênio”. Entretanto, Oppenheimer opôs-se à criação de mais armas nucleares; numa reunião, disse a Truman: “Tenho sangue em minhas mãos.” Isso levou o presidente a definir Oppenheimer como “um cientista bebê-chorão” e a declarar: “Nunca mais me tragam aqui aquele imbecil. Não foi ele quem disparou aquela bomba — eu é que fiz isso. Este tipo de choradeira me deixa doente.”

Em 1947, Oppenheimer foi nomeado diretor do Instituto para Estudos Avançados, em Princeton, no Estado de Nova Jersey, e lá ficou até o fim da vida. Esteve na posição de presidente do conselho do Comitê de Conselheiros da Comissão de Energia Atômica, de 1947 a 1952, e, como tal, entrou em conflito com os proponentes do aumento das armas nucleares dos Estados Unidos. Ele não apreciava o estilo, cada vez mais paranóico, do governo americano

e defendia uma política de abertura e não de segredos. Oppenheimer estava a favor de aplicações pacíficas para a energia nuclear e de gastos reduzidos para a pesquisa de armas — basicamente em sintonia com os pontos de vista de NIELS BOHR [3] e de muitos outros físicos europeus. Por ser um crítico bem falante, Oppenheimer chocou-se com os militares. Diferentemente de seu amigo e colega de Princeton, JOHN VON NEUMANN [51], que atendia bem aos generais do Exército, Oppenheimer tratava-os com desprezo, sendo até mesmo sarcástico, o que lhe gerava inimizades.

Como retaliação por sua posição antimilitarista, Oppenheimer viu-se molestado com acusações de deslealdade, e uma campanha foi articulada contra ele dentro da Comissão de Energia Atômica (AEC). Em 1953, a AEC suspendeu sua autorização de segurança, uma ação que, efetivamente, o removeria da posição de conselheiro. Numa audiência, em 1954, teve o apoio de vários colegas cientistas, que testemunharam sobre sua integridade e lealdade, com exceção do importante EDWARD TELLER [88]. Além disso, no clima de desafio aos vermelhos, da década de 1950, Oppenheimer não conseguiu vencer a suspeita causada por suas afiliações com os esquerdistas, na condição de professor universitário. Ele não só perdeu sua autorização de segurança, mas também foi posto no pelourinho pela imprensa popular. Defendeu-se da melhor maneira possível, por meio de conferências e livros, como *A Ciência e o Entendimento Comum*, publicado em 1954, e *A Mente Aberta*, em 1955. Continuou a ensinar em Princeton, apesar de não mais fazer pesquisas originais. Uma certa reabilitação política veio em 1963, quando Oppenheimer ganhou o prêmio Enrico Fermi de Ciência, dado pela AEC.

Durante toda sua vida, Oppenheimer desenvolveu grande interesse sobre o mundo, fora da física. Era empenhado em psicanálise; estudou o sânscrito e o grego antigo. Suas tendências, levemente esquerdistas, eram caracteristicamente sérias e, sem dúvida, comuns, na década de 1930. Katherine Puening Harrison, com quem se casou em 1940, fora viúva de um comunista, morto na Guerra Civil Espanhola. Somente no mundo já mudado da década de 1950 é que essa posição cosmopolita lhe trouxe problemas.

A generosidade de Oppenheimer era notável: ele organizava

festas freqüentemente para os alunos e os convidava para jantares em ótimos restaurantes. Oppenheimer ficara tão popular com seus alunos que algumas vezes eles imitavam seu estilo, seu sotaque e seu cachimbo. Este último provou ser fatal. Em 1966, teve um diagnóstico de câncer na garganta e morreu em 18 de fevereiro de 1967.



Edward Teller & a Bomba

(1908 –)

A história da física nuclear está intimamente ligada com as armas de destruição em massa. Nenhum cientista, individualmente, ilustra isso melhor do que o húngaro de nascimento Edward Teller. Depois de trabalhar no desenvolvimento da bomba atômica, Teller foi amplamente conhecido, na década de 1950, como o “pai da bomba atômica”. Era incansável ao advogar a defesa nacional e, na década de 1980, foi quem mais trabalhou para conceber e promover o conceito de “Guerra nas Estrelas”, um sistema de defesa caro e baseado no espaço exterior, destinado a proteger os Estados Unidos de um ataque nuclear. Devido à sua influência política, bem como

a suas realizações na física, Teller é considerado um dos cientistas mais influentes do século XX. É visto por alguns como um homem de pensamento e, por outros, como perigoso. “A humanidade ainda disputa o legado de Teller”, escreveu William J. Broad; “ainda está tentando classificar os projetos e as idéias pelas quais ele lutou.”

Edward Teller nasceu em Budapeste, na Hungria, a 15 de janeiro de 1908, filho de Max Teller, advogado, e de Ilona Deutsch Teller. Os Teller eram judeus prósperos e assimilados, cuja sorte sofreu sob o curto regime comunista de Béla Kun depois da Primeira Guerra Mundial. Com um dom para a matemática, dizia-se que Edward se embalava para dormir, contando múltiplos, como “sessenta segundos num minuto, 3.600 segundos numa hora, 84.636 segundos num dia”. Ficava encantado, ainda criança, com os trabalhos do novelista francês, Jules Verne, e era um pianista de muito talento. Ao cursar o conhecido Minta Gymnasium, Edward veio a preferir a matemática, mas a pedido de seu pai estudou engenharia química para que tivesse uma profissão prática. Nas universidades de Budapeste e de Karlsruhe, porém, continuou a ler, por sua própria conta, sobre matemática, ficando interessado na mecânica quântica. Mudou-se para a Universidade de Munique em 1928, onde perdeu seu pé direito num acidente envolvendo um bonde. Mas isso não impediu que recebesse o doutorado em 1930 pela Universidade de Leipzig, onde havia estudado com WERNER HEISENBERG [15].

Em 1931, Teller começou a ensinar na Universidade de Göttingen, mas, dois anos depois, reconheceu rapidamente as implicações da escalada dos nazistas ao poder. Escreveu em sua biografia: “A esperança de fazer uma carreira acadêmica na Alemanha, para um judeu, existia antes que Hitler aparecesse e desapareceu, no dia em que ele chegou.” Logo após receber uma bolsa pela Fundação Rockefeller, Teller se transferiu para a Universidade de Copenhague, passou um pequeno período em Londres e foi para os Estados Unidos em 1935.

Na posição de professor de física na Universidade George Washington, Teller a princípio prosseguiu com seu interesse inicial no comportamento das moléculas. Também colaborou com George Gamow, físico russo, altamente imaginativo, derivando as regras do decaimento beta. De maior significado foi Teller compartilhar do

interesse crescente de Gamow pela astrofísica. Devido aos desenvolvimentos revolucionários da física do século XX — uma explicação sobre a energia estelar havia se afirmado, por volta da década de 1930, como um assunto plausível de ser investigado — Teller e Gamow publicaram em 1937 um artigo sobre a energia termonuclear, sendo, em 1938, o assunto principal da Conferência de Washington sobre Física Teórica. Em 1939, alguns dias antes da próxima conferência em Washington, NIELS BOHR [3] anunciou que os cientistas alemães, Fritz Strassmann e Otto Hahn, haviam tido sucesso em fissionar o átomo. O significado potencial desse evento, tendo em vista o ambiente político da época, não passou despercebido por muitos cientistas e, para Edward Teller, determinou muito do resto de sua carreira.

No início da década de 1930, os físicos estavam cientes de que era possível fissionar o átomo e, no começo da Segunda Guerra Mundial, tornou-se muito claro que o U-235, um isótopo de urânio, poderia ser usado para sustentar uma reação em cadeia, o que levaria à geração de gigantesca quantidade de energia. Na gênese da bomba atômica, Edward Teller “estava presente”, escreveu William Broad, “em todas as ocasiões críticas”. Encontrava-se com o cientista Leo Szilard, quando ALBERT EINSTEIN [2] foi solicitado a prestigiar o projeto da bomba atômica; depois, Teller incorporou-se ao Projeto Manhattan. Trabalhou com ENRICO FERMI [34] na Universidade de Chicago e, mais tarde, mudou-se para Los Alamos, onde a bomba estava sendo construída. Além disso, em 1941, Fermi sugeriu a Teller, numa conversa: “Agora que temos uma perspectiva tão boa de desenvolver uma bomba atômica, não poderia tal tipo de explosão ser usada para iniciar algo semelhante às reações do Sol?” A fusão, que é a energia produzida pelo Sol e pelas outras estrelas, é muito mais poderosa do que a fissão. Esta foi a primeira concepção da bomba de hidrogênio. E, mesmo durante a progressão do projeto da bomba atômica, Teller continuou a pensar sobre esta outra.

A importância do trabalho de Teller na bomba atômica, em Los Alamos, é controversa. Teller muitas vezes foi descrito por HANS BETHE [58], chefe da divisão teórica, como não sendo cooperativo. Relutava em fazer cálculos decisivos, mas trabalhosos, relativos ao sistema de implosão, um dos métodos usados para detonar a bomba.

Teller, que era amigo de Bethe, discorda dessa opinião. Em 1944, J. ROBERT OPPENHEIMER [87] retirou de Teller a responsabilidade dos cálculos da implosão, mas o convenceu a permanecer em Los Alamos para trabalhar num estudo preliminar sobre a possibilidade de uma bomba de hidrogênio. Os biógrafos de Teller, Stanley A. Blumberg e Louis G. Panos, concluíram: “Em primeiro lugar, Teller prestou contribuições importantes para o projeto de Los Alamos; em segundo lugar, poderia ter contribuído mais, se fosse ‘um jogador num time’ e tivesse posto de lado suas diferenças com Bethe e com Oppenheimer.” De acordo com Daniel Kevles, no livro *O Físico*, Teller “era capaz de gastar muito tempo em longas caminhadas, insistir no trabalho de perseguir o seu demônio científico — uma arma termonuclear — e de levar seus vizinhos à loucura, ao tocar rapsódias no piano, nas horas mais estranhas da noite”.

Depois da Segunda Guerra Mundial, Teller perseguiu a possibilidade de uma bomba H, com muito vigor, apesar da relutância inicial de grande número de líderes da comunidade científica. Depois que a União Soviética desenvolveu sua própria arma atômica, em 1949, a perspectiva de um artefato superpotente passou a ser muito atraente para os Estados Unidos. A defesa de Teller, com relação à bomba, foi inicialmente baseada em cálculos não confiáveis — um fato mantido como assunto confidencial por muito tempo e que, durante anos, incomodou Hans Bethe que, finalmente, pôde revelar que Teller havia “proposto uma série de sistemas complicados... nenhum dos quais parecia que pudesse obter muito sucesso”. Mas, com a ajuda de Stanislaw Ulam, foi concebido finalmente um mecanismo que usava os raios X para disparar o combustível nuclear. Um artefato termonuclear, chamado Mike, explodiu num atol deserto no Sul do Pacífico em dezembro de 1952. Seu resultado ultrapassou todas as expectativas, deixando uma imensa cratera onde havia sido a antiga ilha de Elugelab. Teller, que não estava presente durante a explosão, mandou um telegrama codificado, informando sobre o sucesso: “É um menino.”

Um dos triunfos e uma das tragédias pessoais de Teller deveram-se a uma polêmica não científica sobre a lealdade de J. Robert Oppenheimer. Teller estava preocupado e irritado com a possibilidade de que a avaliação negativa de Oppenheimer sobre a bomba

de hidrogênio impedisse sua construção. Numa audiência da Comissão de Energia Atômica, em 1954, Teller declarou ao comitê que estava nessa época investigando Oppenheimer como possível risco de segurança na Guerra Fria: “Se é uma questão de sabedoria e de julgamento... então eu posso dizer que seria mais inteligente não conceder a autorização.” O testemunho foi importante na queda do mui respeitado Oppenheimer, mas também teve um custo para Teller, com o afastamento de muitos amigos que ele tinha entre os físicos mais categorizados da nação.

Como chefe do Lawrence Livermore Laboratory, que era associado ao Laboratório de Radiação de Berkeley, na Universidade da Califórnia, Teller continuou a ser um personagem poderoso por mais quatro décadas. Tornou-se o cientista mais conhecido a advogar a bomba H, os testes nucleares e o desenvolvimento de mísseis. Teve considerável poder na corrida armamentista que se seguiu entre a União Soviética e os Estados Unidos. Também foi co-autor de livros como *Nosso Futuro Nuclear*, em 1958, e *A Herança de Hiroshima*, de 1962, e era freqüentemente entrevistado por revistas populares. Fez pressão, muitas vezes, e com determinação, contra a idéia de impedir os testes de armas nucleares e anunciava um projeto de engenharia atômica no Alaska.

Apesar de a Guerra Fria favorecer os pontos de vista de Teller, também precisamos lembrar seu jeito único para se fazer amigo de personagens políticos. De acordo com Herbert F. York, ele “imprimia uma espécie de entusiasmo juvenil que, juntamente com o charme típico da Europa central, e mesmo com um modo de ser reservado, impressionava favoravelmente a maioria das pessoas, sobretudo os políticos e os estadistas, predispondo-os a acreditar no que lhes dizia”. (Teller considera ridículas essas afirmativas.) Ele cortejou, e até certo ponto parece ter direcionado mal, o presidente Dwight D. Eisenhower, com a perspectiva otimista de uma bomba de fusão “limpa” — sem conseqüências radioativas.

A influência de Teller, independentemente de como a conseguia, dirigia-se para uma meta específica. De acordo com Ray E. Kidder, Teller “estava possuído pela ameaça da dominação mundial pela União Soviética. Esse fato o dominou completamente durante a segunda metade de sua vida. Ele *sabia* que estava certo, e qualquer

pessoa que não entendesse a enormidade e a primazia desse fato seria simplesmente um tolo que não merecia ser considerado seriamente". Na década de 1970, o livro de Teller *A Energia do Céu e da Terra* defendia o uso da energia nuclear, e ele considerou disputar uma vaga no Senado dos Estados Unidos antes que um ataque do coração o forçasse a reduzir a carga de trabalho. Enquanto permanecia como diretor associado do Lawrence Livermore Laboratory, posição que ocupava desde 1963, Teller também continuava como professor de física na Universidade da Califórnia. Com sua aposentadoria em 1975, tornou-se associado de pesquisa do Hoover Institute on War, Revolution and Peace, na Universidade de Stanford.

Quando Ronald Reagan foi eleito presidente dos Estados Unidos em 1980, Teller ganhou um forte aliado. Ao caracterizar a eleição de Reagan como um "milagre", Teller não teve como convencê-lo da ameaça militar representada pela União Soviética. Numa reunião com Reagan em 1982, Teller explicou sua proposta para um sistema antimíssil de "terceira geração" e pediu mais verbas para um programa de *laser* a raios X. No início de 1983, o presidente Reagan declarou à nação que havia chegado a hora de iniciar um enorme programa destinado a criar um sistema espacial de defesa nuclear. Bilhões de dólares logo foram derramados num sistema de armamento defensivo, ainda não totalmente concebido e até certo ponto não-operacional. A Iniciativa Estratégica de Defesa (SDI) incluiria uma série de armas, com base tanto na terra quanto no espaço, incluindo os sofisticados *lasers* de raios X e de emissão de partículas. Esse plano *Guerra nas Estrelas* foi efetivamente abandonado 10 anos mais tarde, depois que já haviam sido gastos US\$ 36 bilhões. Nem um único sistema de defesa operacional havia sido colocado em funcionamento.

Os gastos da Iniciativa Estratégica de Defesa podem ter sido a causa de sua derrota, mas o programa exprimia muito bem os pontos de vista básicos de Teller sobre o uso da ciência. "Seríamos desleais com as tradições da civilização ocidental, se fugíssemos da exploração daquilo que o homem pôde realizar e se falhássemos em aumentar o controle do homem sobre a Natureza", afirmou Teller, em 1987, em seu livro *Antes um Escudo do que uma Espada*. Pela

perspectiva histórica, os argumentos relativos às obrigações morais conflitantes entre a humanidade e a natureza retornam ao Iluminismo. A convicção de que a humanidade deveria buscar a conquista e o controle da Natureza tem sido talvez dominante. Apesar de não ser o único ponto de vista encontrado na ciência, parece que foi a base motivadora por trás da carreira de Edward Teller.

Personagem extraordinariamente sólido da ciência americana, Edward Teller se casou com Augusta Maria Harkanyi, conhecida como Mici, em 1934, e tiveram dois filhos, Paul e Susan. Com a queda dos governos comunistas na Europa Oriental, no final da década de 1980, Teller pôde visitar a Hungria, onde havia nascido. Permaneceu como diretor emérito do Lawrence Livermore Laboratory e continuou, na década de 1990, a oferecer seu aconselhamento sobre problemas de energia nuclear e de defesa.



Willard Libby

& a Marcação Radioativa da Idade

(1908 – 1980)

Há meio século, logo depois do término da Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento do processo de datação pelo carbono radioativo permitiu o exame da história natural e do passado cultural da humanidade. Tornou-se possível estabelecer idade, com precisão geral, de muitos milhares de artefatos, desde antigos sabugos de milho, encontrados nas cavernas do Estado do Novo México, até os Manuscritos do Mar Morto. Como desenvolvimento da física nuclear, a nova técnica teve grande impacto nas disciplinas da arqueologia, da antropologia e da geologia. Entretanto, a marcação da idade pelo carbono radioativo era mais do que uma tecnologia,

pois foi desenvolvida através das idéias básicas sobre a composição química do universo, abrindo uma janela para o passado distante da humanidade e uma perspectiva com relação às galáxias mais distantes. E foi a contribuição principal dada pelo físico americano Willard Frank Libby.

Um grande físico, com um raro *background* rústico, Willard Frank Libby nasceu em 17 de dezembro de 1908, em Grand Valley, no Estado do Colorado. Seu pai, Ora Edward Libby, um fazendeiro, teve uma educação interrompida no terceiro ano primário, e sua mãe era Eva May Rivers. Quando Willard tinha cinco anos, a família mudou-se para uma fazenda de cultura de maçãs, no norte da Califórnia, onde Willard cursou a escola primária e o ginásio, formando-se em 1926. Encorajado por seus pais, continuou seus estudos na Universidade da Califórnia, em Berkeley. Inicialmente, planejava se formar em engenheiro de minas, mas sentiu atração pela química, pela matemática e pela física. Graduou-se em 1931. Dois anos após receber o Ph.D., Libby já estava envolvido no campo da baixa-energia, dos núcleos radioativos e havia construído um contador Geiger muito sensível, destinado a detectar a radiação de baixo nível. Permaneceu em Berkeley, como instrutor, de 1933 até 1940.

Durante a Segunda Guerra Mundial, Libby transferiu-se para a Divisão de Pesquisa de Guerra, da Universidade de Colúmbia, na qual trabalhou no desenvolvimento da energia atômica para o Projeto Manhattan. Sua contribuição principal foi encontrar os meios para separar os isótopos de urânio, necessários para a construção da bomba atômica. Esse passo essencial envolvia os mesmos princípios que Libby usaria, mais tarde, em seu trabalho sobre a datação pelo carbono radioativo. Depois da guerra, Libby passou para o Instituto de Estudos Nucleares, na Universidade de Chicago, dirigido por ENRICO FERMI [34].

O reconhecimento de que a radioatividade tinha relação com a idade da Terra não foi originado por Libby. Já havia sido reconhecido, desde a virada do século, que o decaimento nuclear durante um período de tempo, passível de medida, transformava elementos radioativos instáveis em elementos estáveis e comuns. Desde 1904 ERNEST RUTHERFORD [19] havia percebido que a radioatividade

poderia sugerir uma idade para a Terra. Um químico americano, Bertram Borden Boltwood, começou a descobrir um método para calcular esse processo em 1905 e chegou a uma teoria que conferia à Terra 2,2 bilhões de anos, no mínimo, e dava 5 bilhões de anos para a idade do sistema solar.

A contribuição importante de Libby para essas hipóteses em desenvolvimento foi reconhecer o significado do bombardeamento de raios cósmicos, descoberto em 1939. Os raios cósmicos, partículas subatômicas que chegam continuamente do espaço exterior, chocam-se e se combinam com o nitrogênio, o elemento que compõe quase que quatro quintos da atmosfera. Alguns átomos de nitrogênio, supôs Libby, seriam transformados em carbono radioativo ou carbono-14. O isótopo do carbono seria, por sua vez, rapidamente absorvido pelo dióxido de carbono, que é, por seu lado, absorvido pelas plantas.

Assim, tudo o que está vivo ingeriria carbono-14 naturalmente, por meio da cadeia alimentar. Libby supôs ser possível que o nível de carbono-14 se mantivesse, razoavelmente constante no organismo, por todo o ciclo de vida — desde que houvesse continuidade na absorção de nutrientes. Depois da morte, entretanto, o carbono-14, remanescente na planta ou no animal, eventualmente decairia, e sua presença no organismo gradualmente diminuiria. Enquanto a meia-vida do urânio é de 4,5 bilhões de anos, a meia-vida do carbono-14, que foi descoberta em torno de 1940, é de aproximadamente 5.730 anos, ou seja, um período relativamente curto. “Deveria ser possível”, escreveu Libby, “pela medida da atividade remanescente, determinar o tempo que se passou após a morte, desde que isso tenha acontecido durante um período entre, aproximadamente, 530 mil anos no passado.”

Ao construir um contador Geiger especial, que ele envolveu com uma camada grossa de chumbo para impedir a entrada da radiação normal, Libby desenvolveu uma linha-base para o processo de datação, primeiramente queimando as substâncias naturais, como madeira proveniente das sequóias, cujas idades eram conhecidas por outros métodos. Mais tarde, testou as madeiras retiradas do convés do barco funerário do rei Sesostri, do Egito, por exemplo, e conseguiu obter uma excelente concordância entre os resultados

previstos e os experimentais. Vieram outros itens para o laboratório de Libby: carvão queimado pelos primeiros humanos em Stonehenge, na Inglaterra, e da grande pirâmide do Sol, no México, para não mencionar restos de excrementos da antigüidade, provenientes do Chile. Libby também conseguiu obter a idade das comunidades humanas mais antigas e sugerir que a Idade do Gelo havia terminado há uns dez mil anos — muito mais tarde do que se pensava. A datação pelo carbono-14 tornou-se, por fim, útil para os itens de cerca de 500 até 70 mil anos. Libby publicou o livro *A Datação pelo Radiocarbono* em 1952; em 1960, recebeu o Prêmio Nobel de química.

Libby passou a ser um personagem bastante influente na física americana. Em 1954, pediu uma licença da Universidade de Chicago para servir na Comissão de Energia Atômica. Nomeado pelo presidente Dwight D. Eisenhower, Libby era considerado como um guerreiro da Guerra Fria e, por alguns, como um seguidor, sem vontade própria, da política governamental. Ao dar seu suporte para a aceleração do desenvolvimento de armas, tinha o ponto de vista de “que os riscos são mínimos, em comparação com os riscos resultantes de um arsenal nuclear inadequado”. Durante a década de 1950 foi um forte defensor dos “abrigos contra radiação” nos quintais e que deveriam proteger as pessoas da radiação mortal de uma guerra atômica. Ele tinha uma visão externamente sanguinolenta da radioatividade e foi um grande defensor dos testes das armas nucleares, escrevendo: “Não podemos realmente dizer que os testes possam ser, de alguma maneira, perigosos...” Libby trabalhou no departamento de química na UCLA, em final de carreira, e foi diretor do Instituto de Geofísica e de Física Planetária.

Libby casou-se com Leonor Lucinda Hickey e tiveram duas filhas gêmeas: Susan e Janet. Depois do divórcio em 1966, Libby tornou a casar, agora com Leona Woods Marshall. Alto e de bom porte, com cabelos ruivos, Libby foi conhecido como “Wild Bill” por toda sua vida. Era considerado um bom professor e procurava ser bastante rigoroso com seus alunos graduados. Seu ponto de vista sobre as características da profissão não era atípico da época: “Um cientista tem de ser um homem”, ele disse a Theodore Berland. “A maior parte não é, no sentido de que se estão apoiando em outros.

Eles são parte de um grupo. Um cientista deve poder trabalhar como um indivíduo e desempenhar suas tarefas por si mesmo.” Libby aposentou-se em 1976. Morreu em 8 de setembro de 1980 vítima de complicações decorrentes de uma pneumonia.

Desde a descoberta, por Libby, da datação pelo carbono-14, desenvolveu-se todo um campo de testes radiométricos, usando métodos cada vez mais sofisticados, precisos e significativos. Novos procedimentos, como o método do K-Ar, por exemplo, que usa o potássio-40 radioativo, foram críticos na datação dos continentes e das estruturas geológicas; e o método Rb-Sr, que usa átomos de rubídio para marcar a idade das pedras da Lua. Todos esses métodos, deve ser dito, têm implicações excepcionais para os estudiosos da Bíblia. As partículas subatômicas ligam a história da humanidade à história do universo e enquadram a história humana num quadro geológico de tempo. Tal interface com a civilização humana, também encontrada na microbiologia, é uma das maiores contribuições da física para iluminar a cultura.



Ernst Haeckel

& o Princípio da Biogenética

(1834 – 1919)

Poucas pessoas, hoje em dia, além dos biólogos, reconheceriam o nome de Ernst Haeckel, o botânico e pensador evolucionário alemão. Mas foi ele um personagem importante e controvertido que ajudou a moldar a investigação biológica depois de CHARLES DARWIN [4], expandindo seu alcance ao incluir nela os estudos de embriologia e de morfologia, além da teoria da célula. Também levantou e discutiu muitos problemas, que ainda continuam atuais, e batizou o termo *ecologia*, que ele definia como a investigação científica do relacionamento entre o organismo e o meio ambiente. Stephen Jay Gould recentemente documentou seu extenso signifi-

cado histórico e, alguns anos atrás, Erik Nordenskiöld escreveu que “não existem personalidades que tenham influenciado tão fortemente o desenvolvimento da cultura humana — e isso até em muitas esferas diferentes — quanto Haeckel”.

Ernst Heinrich Philipp August Haeckel nasceu em 16 de fevereiro de 1834, em Potsdam, na Prússia, hoje parte da Alemanha. Apesar de sua família ter um *background* ligado à burocracia prusiana, o ambiente familiar era liberal e de classe média. Encorajado por sua mãe, Charlotte Sethe Haeckel, Ernst colecionou e classificou plantas, quando jovem, e desenvolveu um amor vigoroso e romântico pela Natureza. No ginásio, teve uma educação clássica, com pouca atenção sendo dada à matemática. Leu Goethe e Alexander von Humboldt e desejava fazer carreira em botânica. Seu pai, Carl Haeckel, um servidor civil, gostaria de que ele fosse médico, e Ernst obteve um diploma em medicina em 1857 pela Universidade de Berlim. Mas nunca perdeu de vista seu interesse principal e praticou a medicina somente por um breve período, antes de ser nomeado professor de zoologia e anatomia comparativa, na Universidade de Jena, em 1862.

Enquanto ainda era estudante, Haeckel fora apresentado à biologia marinha e tornou-se um devotado microscopista. Durante os anos de 1859 e 1860, integrou uma expedição botânica ao Mediterrâneo para estudar o radiolário, um organismo peculiar, composto de uma única célula. Coletou milhares de espécimens e descobriu 144 novas espécies desses protozoários. Com seus esqueletos complexos e externos, são os mais delicados e belos dentre os seres encontrados na Natureza. Haeckel era um bom desenhista, e sua monografia, datada de 1862, *Relatório sobre os Radiolários*, ainda é considerada uma contribuição de alto valor. Na década seguinte, Haeckel trabalhou na classificação das esponjas e das medusas, ou águas-vivas, por fim descrevendo algo como quatro mil espécies. O trabalho de Haeckel na biologia marinha o levou a propor um novo sistema de classificação, de três reinos, onde reconhecia que alguns dos organismos menores não eram nem plantas nem animais. No século XX esse sistema foi adotado e superado por outros, até, recentemente, por LYNN MARGULIS [80].

O evento mais determinante na formação do pensamento de

Haeckel, o que era aparente, mesmo nesses trabalhos iniciais, foi a publicação de *A Origem das Espécies*, por CHARLES DARWIN [4], livro que ele procurou ler, assim que foi publicado na Alemanha. Em 1863, Haeckel fez uma preleção de muita influência, que tanto resumia a teoria de Darwin quanto a fundia com vários aspectos de suas próprias idéias originais emergentes. Haeckel encontrou, na idéia da descendência, uma noção muito atraente, de que o progresso é “uma lei natural que nenhum poder humano, nem as armas dos tiranos, nem as maldições dos padres jamais conseguirão suprimir”. Haeckel colocava seu trabalho dentro do contexto da filosofia alemã, natural e romântica, e considerava pensadores como Goethe precursores de Darwin.

O livro de Haeckel, *Morfologia Geral*, publicado em 1866, contém a declaração principal de seu pensamento científico, sobre o qual ele trabalharia durante os 40 anos seguintes. Ao utilizar as idéias do darwinismo para explicar os formatos de todos os vários organismos, Haeckel distinguia a ciência da anatomia, da ciência dos formatos emergentes, que ele nominava de ontogenia (o desenvolvimento de indivíduos) e de filogenia (a evolução das espécies). Chamou este sistema de “monismo”, porque ele rejeitava o dualismo cartesiano de mente e matéria e não acreditava em qualquer diferença absoluta entre o orgânico e o inorgânico. Haeckel também adotou as idéias de Lamarck, crendo que as características adquiridas seriam passadas para as gerações que se sucedem, pelo que denominou de “hereditariedade progressiva”. Por esse amálgama, Haeckel acreditava que estava expandindo o darwinismo, porém, sua base filosófica extravagante o impediu de apreciar o valor das idéias mendelianas, quando foram redescobertas em 1900.

Entretanto, uma das idéias de Haeckel, a que ele deu o nome de “princípio biogenético”, tornou-se particularmente influente. É a idéia de que “a ontogenia recapitula a filogenia” — que cada indivíduo, ao se desenvolver, passa pelos mesmos estágios, que toda a espécie já passou no decorrer de sua evolução. Apesar de essa idéia não ter sido enunciada por Haeckel, ele a colocou numa posição de destaque em seu sistema biológico. Usou-a no desenvolvimento de suas árvores genealógicas famosas e imaginativas para as várias espécies. Na evolução do homem, por exemplo, começa-se na base

da árvore com criaturas unicelulares, porque o óvulo fertilizado tem apenas uma célula. Ao subir na direção do topo da árvore, Haeckel postulou a existência de um homem-macaco, *sem fala*, baseado, em parte, no fato de que as crianças nascem sem poder falar.

Embora pareça atualmente pouco sólido, o princípio biogenético de Haeckel foi de grande influência. No livro *Ontogenia e Filogenia*, Stephen Jay Gould argumentou seu significado, não só para a biologia, mas também para as teorias de raça, para a antropologia criminal e para a educação, bem como para a psicanálise e para o desenvolvimento infantil. Tanto SIGMUND FREUD [6] quanto JEAN PIAGET [77] foram influenciados por essa idéia, que, argumenta Gould, não pereceu, mas foi ficando fora de moda e, por fim, incompatível com a genética mendeliana.

A influência de Haeckel fora do âmbito da ciência também foi grande. Em 1868, publicou o livro *A História da Criação*, seguido, seis anos depois, por outro: *A Evolução do Homem*. Nesses livros populares, Haeckel apresentou seu sistema para uma audiência laica, enfatizando as implicações filosóficas deste. Anticlerical e panteísta, Haeckel foi atacado pela religião organizada, que ele detestava. Mas encontrou uma audiência receptiva, em 1899, quando escreveu o livro *O Dilema do Universo*. Muito traduzido, altamente popular e muitas vezes confuso, o livro discutia os problemas mais amplos da ciência, com partes diferentes para cosmologia, psicologia, teologia e antropologia.

Como muitos outros textos grandiosos, que misturam ciência com especulações filosóficas, *O Dilema do Universo* passou a ser extremamente popular e, por fim, deu origem à Liga Monista. Apesar de sua crença no progresso e de sua postura anticlerical terem levantado o interesse dos liberais, as tendências quase místicas de Haeckel e sua crença em conceitos, como o da pureza racial, levaram seus seguidores, nos anos após sua morte, a dar apoio às metas do Nacional Socialismo.

Haeckel casou-se com uma prima, Anna Sethe, em 1862, a qual morreu dois anos depois, causando-lhe uma grande dor, mas que não o impediu de continuar trabalhando. Mais tarde, casou-se com Anna Huschke, filha de um conhecido anatomista.

Homem robusto, que interrompia o trabalho no meio de perío-

dos de atividade intensa para fazer caminhadas pelos campos, Haeckel aposentou-se em 1909 da Universidade de Jena. Seus últimos anos de vida não foram felizes, ficando particularmente transtornado com o começo da Primeira Guerra Mundial, quando a Inglaterra — o país de Darwin — lutou contra a Alemanha. Morreu em 9 de agosto de 1919.



Jonas Salk & a Vacinação

(1914 – 1995)

Três nomes estão associados, muito de perto, ao combate à poliomielite epidêmica. O de Albert Sabin, que abriu a porta do mistério da transmissão do vírus da pólio e, por fim, desenvolveu uma vacina oral, que é usada em todo o mundo. O de John Enders, cuja contribuição lhe rendeu o Prêmio Nobel, ao encontrar o caminho para criar o vírus num tubo de ensaio, porém, foi Jonas Salk quem fez a descoberta histórica: a primeira vacina a dar imunidade contra a doença. A história da vacina Salk tem todos os indícios das outras grandes descobertas da medicina no combate às doenças mortais: medo popular, adulação ao atrevido super-homem,

dúvidas de uma minoria, cautela de seus iguais e uma rivalidade amarga de colegas.

Jonas Salk nasceu na cidade de Nova York, em 28 de outubro de 1914, sendo o mais velho dos três filhos de um trabalhador da indústria de roupas, Daniel Salk, e de Dora Press. Uma criança bem dotada e estudiosa, crescendo num lar judeu ortodoxo, Jonas cursou a Townsend Harris High School, projetada para alunos excepcionais, e se formou aos 15 anos. Em seguida, foi para o City College de Nova York, que era gratuito, no qual se diplomou em 1933. Originalmente Salk não estava interessado em ciência: tinha intenções de ser advogado. Mas, ao trabalhar como técnico de laboratório e ao fazer vários cursos para satisfazer sua curiosidade, mudou de idéia. Cursou a Escola de Medicina da Universidade de Nova York, com a ajuda de bolsas, e recebeu o diploma de médico em 1939. Em 1942, depois de ter sido interno no Mount Sinai Hospital, associou-se, na Escola de Saúde Pública da Universidade de Michigan, a Thomas Francis Jr., virologista, e com o qual havia trabalhado na escola de medicina.

O trabalho inicial de Salk, quando veio a Segunda Guerra Mundial, dizia respeito ao desenvolvimento de uma vacina contra a gripe. Essa pesquisa era subsidiada pelo Exército norte-americano, cujos soldados estavam ficando doentes, desde a Sicília até as Filipinas, numa época em que muitos ainda se lembravam da devastação causada pela gripe, após a Primeira Guerra Mundial. Salk, enfim, participou do desenvolvimento da vacina, que permaneceu, por muito tempo, como o meio principal de evitar a doença em larga escala. No final da década de 1940, seu trabalho sobre a gripe lhe deu a reputação de ser um pesquisador jovem e importante.

No final da guerra, Salk foi ficando mais e mais atraído pela pesquisa sobre a pólio, pois a doença era cada vez mais comum; 58 mil casos foram informados em 1952. O conhecimento sobre a doença aumentou vagarosamente, depois de ficar entendido que o vírus entrava na corrente sanguínea por meio do canal digestivo. Algumas pessoas com o vírus — geralmente crianças — eram atingidas com sinais de febre, dores de cabeça, mal-estar e alguns outros sintomas, que na maioria dos casos desapareciam após um curto período. Entretanto, em cerca de 2% dos afetados, o vírus

prosseguiu e invadia as membranas em volta do cérebro, danificando as células que controlam os nervos periféricos e outras funções. A paralisia, em vários graus, e, algumas vezes, a morte eram o resultado. As vítimas que sobreviviam ficavam freqüentemente aleijadas ou dependentes de pulmões artificiais, até o fim da vida, por necessitarem de ajuda para respirar.

Em 1947, Salk foi para a Escola de Medicina da Universidade de Pittsburg como professor associado e diretor do Laboratório de Pesquisa de Vírus. Logo atraiu o interesse e o suporte financeiro da Fundação Nacional para a Paralisia Infantil, responsável pelas campanhas de caridade da "March of Dimes". O trabalho inicial de Salk tinha a ver com a tipificação do vírus; resultou haver três cepas, que foram chamadas de "Brunhilde", "Lansing" e "Leon".

O vírus da pólio tem uma história própria bem interessante. Algumas provas sugerem que existia já no antigo Egito, mas a primeira epidemia, documentada, grassou na Suécia em 1887. A pólio apareceu nos Estados Unidos em 1894, com uma epidemia no município de Rutland, no Estado de Vermont e, em 1916, a incidência subitamente quadruplicou, crescendo para algo como 27 mil casos, 6 mil dos quais foram fatais. Acreditou-se, durante algum tempo, que o vírus seria transmitido pelo ar ou levado por insetos e que os imigrantes e os pobres seriam os responsáveis. Na verdade, o vírus era intestinal, e as epidemias resultavam, em parte, de uma ênfase nunca vista em higiene. Durante séculos, a maioria das crianças havia adquirido imunidade por meio do aleitamento materno ou havia sido exposta ao vírus, ainda jovem, com menores conseqüências. Mas a melhoria das condições sanitárias e de limpeza, bem como uma paixão médica pela alimentação por mamadeiras, ocasionava uma falta de imunidade e uma vulnerabilidade maior em crianças mais velhas, ou adultos, ao ingerirem o vírus.

O desenvolvimento de uma vacina, por intermédio de Salk, dependia de vários eventos-chaves. O primeiro veio em 1949, na Universidade de Harvard, onde John Enders descobriu como cultivar o vírus da caxumba em tecido animal. Salk adaptou a técnica para pólio, por fim, usando rins de macacos para cultivar todas as três cepas do vírus. Foi então descoberto, na Universidade Johns Hopkins, que o vírus morto estimulava a produção de anticorpos

em macacos de laboratório. Isso levou Salk a suspeitar de que uma vacina contra a pólio poderia ser desenvolvida, usando vírus totalmente inativos — um conceito que ia em sentido contrário ao conhecimento aceito na época. O ponto de vista de que o micróbio alterado estimula uma imunidade maior do que o micróbio morto volta aos dias de LOUIS PASTEUR [5] e estava aberto ao debate.⁴² A adoção, por Salk, do conceito dos vírus mortos e sua perseguição vigorosa de uma vacina desse tipo, em face da considerável oposição, foram a fonte de seu triunfo.

Com o suporte da Fundação Nacional contra a Paralisia Infantil — que queria um agente vacínico, o mais rápido possível —, Salk desenvolveu a vacina que o tornou famoso. Ao usar os três tipos de vírus, os quais matou com aldeído fórmico, ele testou a vacina em macacos, antes de começar, em 1952, os testes clínicos em cerca de 100 crianças e adultos. Para aumentar a confiança na vacina, Salk se autovacinou, e também sua mulher e seus filhos. No ano seguinte, dirigiu um teste, feito com cinco mil crianças e, em 1954, começou os famosos testes de campo, em larga escala, nos quais mais de 200 mil crianças foram vacinadas. Um ano mais tarde, no dia 12 de abril de 1955, veio o anúncio de que a vacina era segura e eficiente e, dentro de alguns anos, algo como 200 milhões de doses haviam sido administradas. O número de novos casos de pólio diminuiu rapidamente.

A vacina Salk levou seu inventor ao *status* de herói, e a prova se deu quando Hollywood procurou Marlon Brando para o papel principal no filme *A História de Jonas Salk*. Salk e sua família foram convidados à Casa Branca, onde o presidente Eisenhower o chamou de “benfeitor da humanidade” e deu canetas a seus filhos. As companhias farmacêuticas se ofereceram para fazer dele um homem muito rico. Ele era importunado por pessoas que queriam expressar sua gratidão, enquanto os jornais vulgarizavam sua realização. “A pior tragédia que me poderia ter acontecido foi o sucesso”, declarou Salk, mais tarde. “Senti logo que estava acabado e jogado fora.”

⁴² Lembremos que Pasteur, como sugeriu recentemente Gerald L. Geison, parece ter mentido sobre o uso de um vírus atenuado para a fabricação da vacina do antraz, quando na verdade foram usados vírus mortos.

A frase foi um exagero, mas não totalmente falsa. Salk não era um personagem do sistema — na verdade, havia sentido um certo anti-semitismo —, não tendo sido eleito para a Academia Nacional de Ciências, nem tendo recebido o Prêmio Nobel. Mesmo antes de a vacina ser testada, a idéia de Salk de usar o vírus morto tinha a forte oposição de Albert Sabin, um pesquisador eminente, que havia descoberto muito sobre a transmissão da doença. A rivalidade dos dois se intensificou, quando Sabin tentou bloquear os testes de 1952 e, mais tarde, esforçando-se para que a vacina fosse proibida, quando uma partida mal preparada causou várias mortes.

Quando Sabin desenvolveu sua própria vacina, administrada por via oral, ele a tornou disponível para a União Soviética, em 1959, e a popularidade dela, enfim, emparelhou e suplantou a da vacina Salk até nos Estados Unidos. Participar de conferências médicas, enquanto a vacina Sabin estava ganhando terreno, era, como disse Salk mais tarde, “como atuar nos planos do seu próprio assassinato”. Finalmente, Salk passou a acreditar que deveria ter feito um esforço maior para capturar uma maior parte dos mercados mundiais para a vacina feita com vírus mortos. Em artigo publicado no *New York Times*, em 1973, ele alertou contra os perigos associados com a vacina Sabin, mas não foi dada atenção a seu alarme.

A carreira de Salk foi homenageada na fundação de um instituto, que levou seu nome. Construído de acordo com suas especificações e inaugurado em 1963, o Instituto Salk para Estudos Biológicos, em La Jolla, no Estado da Califórnia, tornou-se uma instituição de prestígio e com boas doações, tendo conseguido atrair uma quantidade impressionante de cientistas. O próprio Salk continuou a fazer pesquisas originais sobre a esclerose múltipla e o câncer. No início da década de 1970, escreveu uma série de livros sobre temas filosóficos: *O Desdobramento do Homem*, *A Anatomia da Realidade*, *A Sobrevivência do mais Sábio* e *Como Parecer um Anjo*. “O conhecimento, entendido como uma nova forma de força”, escreveu Salk, “é uma necessidade crítica para o homem. Agora, até mais do que antes, é necessário, como a base para a adaptação, para manter a própria vida na face desse planeta e como alternativa para o caminho da alienação e do desespero.” Na última década de sua

vida, Salk dirigiu as pesquisas para uma vacina destinada ao vírus da imunodeficiência humana (HIV).

É característica de um herói médico ser trabalhador compulsivo, bem como devotado a sua família; assim aconteceu com Jonas Salk, cuja mulher foi mencionada na revista *Time*, como tendo dito: "Ora, Jonas, você não está prestando nenhuma atenção ao que estou dizendo!" Salk casou-se com Donna Lindsay, quando se formou na escola de medicina em 1939, e permaneceram amigos, mesmo depois do divórcio em 1968. Em 1970, Salk esposou Françoise Gilot, uma artista e antiga amante de Pablo Picasso. Jonas Salk morreu de um problema no coração, em 24 de junho de 1995.



Emil Kraepelin & a Psiquiatria no Século XX

(1856 – 1926)

A psiquiatria moderna moldou-se no final do século XIX e seu personagem principal foi o alemão Emil Kraepelin. Adotando princípios médicos emergentes e científicos na observação das doenças mentais, Kraepelin desenvolveu uma classificação que ainda é usada como a base dos diagnósticos contemporâneos. Seu método descritivo aplicava-se às formas mais graves das desordens psiquiátricas e baseava-se na existência de alguma anormalidade subjacente, seja hereditária, constitucional ou fisiológica. Ao partir da neuroanatomia, a psiquiatria de Kraepelin oferecia a seus pacientes perspectivas sombrias de recuperação e ele esperava pelas soluções via química,

que eventualmente aconteceram sob a forma de remédios antipsicóticos e psicotrópicos. As limitações desse sistema eram, e ainda são, a dificuldade para chegar a uma explicação das desordens mentais, de modo a poder avançar um pouco mais na descrição e no tratamento dos sintomas.

Emil Kraepelin nasceu em 15 de fevereiro de 1856, em Neustrelitz, a capital do Estado livre alemão de Mecklenburg-Strelitz. Seu pai era funcionário civil, e Emil ficou interessado em biologia em função de um irmão mais velho, Karl, que mais tarde se tornou um conhecido zoologista. Emil estudou medicina na Universidade de Würzburg, recebendo o diploma em 1878. Sua curiosidade em doenças mentais evidenciou-se no ano seguinte, a julgar por sua dissertação *O lugar da Psicologia na Psiquiatria*. Estudou neuroanatomia em Munique e ficou particularmente interessado nos casos das doenças orgânicas do cérebro. Kraepelin também passou o verão de 1876 na Universidade de Leipzig e ficou tão fascinado pela psicologia experimental de WILHELM WUNDT [99] que em 1882 voltou a trabalhar com aquele eminente personagem. Kraepelin impressionou-se com o efeito químico das drogas sobre o comportamento, apesar de não terem na época aplicação na psiquiatria.

No final da década de 1880, Kraepelin ocupou cargos nas clínicas psiquiátricas de hospitais mentais, em Munique, Leubus e Dresden. Em 1886 tornou-se professor da Universidade de Dorpat e, quatro anos mais tarde, foi convidado para chefiar o departamento de psiquiatria da Universidade de Heidelberg. Nessa posição, durante os 14 anos seguintes, Kraepelin adquiriu fama internacional.

A grande influência de Kraepelin deve-se à diferenciação de diagnósticos das doenças mentais, que inicialmente apresentou em 1883, na primeira edição de seu livro *Kompendium der Psychiatrie*. Esse livro, com originalmente 400 páginas, sofreu várias revisões com o passar dos anos, até que, na nona edição, em 1927, já chegava a quatro volumes e 2.425 páginas. No *Kompendium*, traduzido para o inglês como *Livro-Texto de Psiquiatria*, Kraepelin defendeu sua crença de que os processos mentais poderiam “ser deduzidos através de certas manifestações externas, tais como a maneira de falar, os gestos e as ações”. Descreveu seu ponto de vista, que poderia ter

sido gravado em mármore, dada sua durabilidade, assim: “As doenças mentais são doenças difusas do córtex cerebral.” Sustentou também que a psiquiatria era um ramo da neuropatologia.

De modo geral, a classificação das desordens mentais graves foi a realização principal de Kraepelin. Em sucessivas edições do *Kompendium*, ele gradualmente caracterizou as formas da *dementia praecox*, que mais tarde foi chamada de esquizofrenia, para acrescentar as doenças maníaco-depressivas e a paranóia. Kraepelin até classificou os subtipos, tais como a hebefrenia, que tem a ver com o comportamento bizarro da fala e que vem sendo responsável por excelentes poesias anônimas, encontradas na literatura clínica: “As montanhas que são delineadas nas ondas do oxigênio” e “na Suíça não é permitido fazer travessuras com carne humana!” É interessante notar que o contexto adaptador da linguagem em pacientes esquizofrênicos foi totalmente ignorado por Kraepelin e por seus colegas; somente por intermédio de SIGMUND FREUD [6] é que tivemos a descoberta de que essas mensagens possuíam significados psicológicos.

Não é surpresa que Kraepelin também se tenha voltado para os problemas que atualmente são considerados puramente neurológicos, tais como a doença de Alzheimer; ele era um ativista contra o alcoolismo, o qual considerava uma terrível praga, que podia provocar reações esquizofrênicas em pessoas suscetíveis. Realizou estudos sobre o efeito do álcool no corpo, mas estes não fazem parte de seu trabalho principal.

Durante grande parte de sua carreira, Kraepelin acreditava que as psicoses eram devidas à hereditariedade, sendo, na maioria dos casos, irreversíveis. Contudo, veio a pensar que alguns casos poderiam ser causados por desordens metabólicas. Dos vários aspectos mais notáveis da classificação de Kraepelin, o mais severo foi seu senso de fatalidade calvinista. As pessoas com desordens mentais graves, acreditava Kraepelin, seriam incuráveis, e um diagnóstico de esquizofrenia tornava-se sentença para toda a vida. Em teoria, “Kraepelin finalmente conseguiu”, escreveu seu eminente aluno, Eugen Bleuler, “isolar uma série de sintomas que estavam presentes em doenças com prognoses muito ruins e que não se manifestavam em outros grupos de doenças.” Mas o resultado prático era “uma

base com a qual podia fazer previsões para um grande número de casos, com relação a ataques agudos e a estados terminais”.

O pessimismo de Kraepelin moldou muitas estratégias subsequentes do tratamento feito sob custódia, o que foi uma infelicidade, tendo-se em conta a psiquiatria atual, que considera que cerca de um terço de todos os esquizofrênicos é passível de cura total. O ponto de vista de Kraepelin levou Bleuer, por exemplo, a lamentar a guarda exagerada dos esquizofrênicos — o que, ele acreditava, somente agravava seus males e mesmo seus desejos de cometer suicídio. A característica de “enfermaria dos fundos”, atribuída à esquizofrenia, persistiu por toda a década de 1960, quando então novas gerações de drogas antipsicóticas tornaram plausível e economicamente desejável a liberação de grandes contingentes de pacientes hospitalizados para serem reintegrados à sociedade.

Em 1904, Kraepelin se tornou professor na Universidade de Munique e diretor da nova clínica psiquiátrica da cidade. A eficiência e o ambiente da clínica, que induziam à instrução, aumentaram sua reputação como professor. Ele abriu um museu de psiquiatria, o qual mostrava algumas das crueldades a que os loucos haviam sido submetidos no passado. “Não podemos perder de vista o enorme impacto que a psiquiatria de Kraepelin teve em sua própria época”, escreveram Franz Alexander e Sheldon Selesnick no livro *A História da Psiquiatria*. “Do mesmo modo que Pinel e Esquirol, ele demonstrou, repetidamente, a importância de utilizar na psiquiatria o processo médico de observação detalhada, descrição cuidadosa e organização precisa dos dados. Sem essa orientação, a psiquiatria nunca poderia ter se tornado uma especialidade clínica e disciplinada da medicina.” Ao mesmo tempo, Kraepelin também foi duramente criticado e, algumas vezes, considerado como tendo somente repavimentado o racionalismo grego na psiquiatria, que datava de Aretaeus da Capadócia, no século II a.C. “Um exame mais acurado no contexto histórico”, escreveu o psicanalista Reuben Fine, “revela que Kraepelin estava mera e parcialmente consertando os massacres e torturas, aos quais os doentes mentais haviam sido submetidos, por séculos e, com frequência, nas mãos da Igreja.”

Fora da clínica, apesar de não ser excessivamente falante ou de não se expressar exteriormente, um amor à Natureza combinou-se,

em Emil Kraepelin, com um desejo de escrever poesia e, em 1933, alguns de seus versos foram traduzidos para um artigo no *Journal of Nervous and Mental Diseases*. “Longe, no leste, no gelo glacial”, escreveu Kraepelin sobre Voringfoss, uma linda cachoeira, com 16 metros de altura, no rio Bjoreia, na Noruega,

“Robusto, o jovem rio tem seu nascimento;
Saindo pelos portões de cristal, com alegria,
Livre, em seu curso de vida, desde seu crescimento.
Alegre é seu jogo de juventude;
Veja como brilha, borbulha e espuma —
Sonha obscuramente com um lar.
Tentando alcançar uma meta, na verdade?”

Emil Kraepelin morreu em 7 de outubro de 1926.



Trofim Lysenko & a Genética Soviética

(1898 – 1976)

Durante mais de uma geração, Trofim Lysenko foi o personagem principal da agricultura na União Soviética e por muitos anos dominou também as ciências biológicas. Desconfiava da biologia ocidental — tanto que, nos dias de hoje, nos Estados Unidos, a “ciência da criação” despreza o neodarwinismo — e foi o responsável por sua longa e destrutiva supressão. Apesar de sua autoridade ter sido geralmente considerada como perniciosa, a importância de Lysenko realmente não pode deixar de ser reconhecida. Ele constituiu tema de muita literatura e ganhou seu lugar no *Dicionário de Biografias Científicas*. Entre os cientistas é quase sempre tomado

como objeto de ridículo. “Todo esse DNA, DNA!”, ele costumava dizer. “Todos falam sobre ele, mas ninguém jamais o viu!” Porém, apesar de sua ignorância, o significado mais profundo de Lysenko, como personagem da história da ciência, é cristalino. “O lysenkoísmo, que se mostrou como uma ilusão forçada”, escreveu Valery Soyfer, “repetida muitas e muitas vezes em reuniões e na mídia, passa a ter existência própria nas mentes das pessoas, apesar de todas as realidades.”

Filho de Denis e de Oksana Lysenko, Trofim Denisovich Lysenko nasceu em 29 de setembro de 1898, em Karlovka, na Poltava, então uma província ucraniana da Rússia. Por serem seus pais camponeses, ele aprendeu a ler e escrever somente aos 13 anos, quando cursou durante dois anos a escola local. Lysenko mais tarde formou-se pela Escola de Agricultura de Poltava, que, geralmente, produzia jardineiros destinados aos ricos donos de terra, e em 1917 foi estudar no instituto de agricultura, em Uman. Em 1922, começou a cursar o Instituto de Agricultura de Kiev, no qual, em 1925, recebeu um diploma de agrônomo. (Ele não fez doutorado, como é, algumas vezes, relatado.) Publicou dois artigos, em 1923, referentes ao crescimento de tomates e ao enxerto de beterrabas.

A ascensão de Lysenko à proeminência, na União Soviética, veio com a chegada de Stalin ao poder, depois da morte de Lenin em 1924. Enquanto trabalhou na Estação Central de Cultivo de Plantas Ordzhonikidze, de 1925 até 1929, introduziu algumas variedades de ervilhas, o que despertou a atenção da imprensa. Festejado nas revistas populares, como um herói do proletariado, somente sorria quando pensava nos doces de massa com cereja feitos por sua mãe. Depois, Lysenko estudou a influência da temperatura no amadurecimento e em 1928 sugeriu que havia vantagens em submeter as sementes a temperaturas baixas antes do plantio. Dizia que o trigo, que havia sido “vernalizado” dessa maneira, produzia uma colheita melhor. Efetivamente, era uma adaptação do método mais antigo, conhecido dos camponeses por séculos, mas sua “vernalização” foi elogiada por cientistas autênticos, como Nikolai Vavilov, que pôde explicar o valor limitado dessa técnica em termos de agronomia comum.

Imensamente ajudado pela desorganização da agricultura soviética, que levava ao desespero burocrático, o trabalho de Lysenko foi popularizado pelo Ministério de Agricultura. Do mesmo modo que aconteceria mais tarde sob o governo de Mao Tsé-tung na China, a ignorância generalizada entre os camponeses estabeleceu uma base popular para falar mal dos “conhecedores” e dos especialistas burgueses e adaptar as técnicas baratas — e ineficientes. Em 1934, Lysenko foi nomeado diretor do Instituto Agrônomo de Odessa, de onde conduziu uma série de projetos experimentais.

Apesar de os rendimentos agrícolas baixos terem incomodado o governo soviético por toda a década de 1930, e mesmo com Josef Stalin tornando-se cada vez mais grandioso, vicioso, perseguidor e paranóico, o lysenkoísmo crescia. Enquanto estava na fase inicial de sua carreira, Lysenko havia promovido a vernalização como método e começou, por volta de 1935, a desenvolver uma base teórica abrangente, na qual fez afirmações ainda mais amplas para uma teoria subjacente. Juntamente com o filósofo I. I. Prezent, Lysenko propôs uma definição de hereditariedade: “A propriedade do corpo vivo de necessitar de condições definidas para sua vida e para seu desenvolvimento e de reagir de maneira definida às várias condições.” Também começou a descrever seu sistema como “michurinista”, seguindo o falecido e renomado horticultor russo Ivan V. Michurin; isso pôde ser razoavelmente descrito como um estratagema propagandista, com tons nativistas. Lysenko fazia o contraste de Michurin com GREGOR MENDEL [60], a quem ele difamava como sendo representante da ciência “burguesa” e “capitalista”.

Antes e depois da Segunda Guerra Mundial, Lysenko consolidou seu domínio sobre a burocracia da agricultura soviética. Durante os períodos das grandes purgas, feitas por Stalin, no final da década de 1930, Lysenko tornou-se o presidente da Academia de Ciências de Agricultura, do Sindicato Geral Lenin (VASKhNIL); e, depois que seu oponente científico Vavilov foi preso em 1940, Lysenko galgou o posto de chefe do Instituto de Genética da Academia Soviética de Ciências, em Moscou. Manteve-se nesse posto até 1965.

Além de seu domínio sobre a agronomia, em agosto de 1948, com a aprovação de Stalin, Trofim Lysenko expandiu sua esfera de ação para abraçar toda a biologia soviética. Lysenko dava suporte ao conceito lamarkiano da hereditariedade, pelo qual o organismo transmite características adquiridas a seus descendentes. Também se voltou para as teorias da geração espontânea e para outras noções obsoletas, que ele via como congruentes com sua própria posição. O próprio Stalin cuidadosamente editou o relatório de Lysenko, referente a 1948, *A Situação da Ciência Biológica*, publicado com muito alarde nos jornais. Descrevia o michurinismo como “a única forma de ciência aceitável, porque é baseada no materialismo dialético e no princípio de mudar a natureza em benefício do povo”. Como consequência, a biologia soviética foi totalmente politizada e reorganizada, e centenas de cientistas foram retirados das posições que ocupavam.

A Natureza propriamente dita apresentava o maior obstáculo para o sucesso do lysenkoísmo na União Soviética. Seus métodos nunca conseguiram realizar os resultados prometidos e houve falhas na área florestal que causaram particular embaraço, no final da década de 1940. Além disso, a descoberta da estrutura do DNA em 1953 levantou grande interesse entre alguns cientistas soviéticos, incluindo químicos, físicos e matemáticos de prestígio. Este foi, entretanto, um fator contrário aos esforços de defender Lysenko no Ocidente, como o livro *Genética Soviética*, de Alan G. Morton, publicado em 1951, e no qual o lysenkoísmo era apresentado como “um evento revolucionário na história do mundo”. Em 1953, Josef Stalin morreu, e Lysenko perdeu um grande amigo. Em meados da década de 1950, os ataques sobre os métodos de Lysenko e sobre sua ciência começaram a aparecer na imprensa soviética.

Excepcionalmente, Lysenko não teve somente uma queda, mas duas. Como resultado de suas políticas perniciosas, que eram amplamente discutidas, ele pediu demissão, em 1956, do posto de presidente da Academia de Ciências da Agricultura. Mas fez uma aparição como um fênix, alguns anos mais tarde. Apresentando-se em 1959, no Congresso do Partido, Lysenko apelou contundentemente em favor de sua forma de “darwinismo criativo” e conseguiu ganhar o apoio do premier Nikita Khrushchev. Convenceu o líder

soviético de que o insucesso da agricultura era culpa dos burocratas e dos acadêmicos, e assim Lysenko conseguiu ser nomeado diretor do VASKhNIL. Antes de ser forçado a pedir demissão, por motivos políticos, em 1964, Khrushchev, que havia apoiado Lysenko, teve problemas sérios com a Academia de Ciências quanto à reforma da agricultura.

Em 1965, o lysenkoísmo foi finalmente enterrado, para efeitos científicos, com uma longa crítica oficial na revista *Ciência e Vida*. Um período de discussão interna na União Soviética, seguido pelo silêncio oficial. Entretanto, nem mesmo na década de 1970, foi totalmente destruída a influência do lysenkoísmo. Lysenko permaneceu como nomeado político até sua morte, em 20 de novembro de 1976.

Não obstante sua educação obviamente inadequada, dizia-se que Lysenko aprendia rápido e tinha boa memória. Era generoso com dinheiro, possuía um humor inteligente e era destituído de vaidades pessoais. Histórias sobre seu analfabetismo científico são inúmeras. Quando Vladimir Engelhardt mostrou a Lysenko o ácido desoxirribonucleico (DNA), o geneticista soviético riu na cara dele. “Há!”, disse Lysenko a Engelhardt. “Você está dizendo bobagens. O DNA é um ácido. Os ácidos são líquidos. E isso é um pó. Não pode ser DNA!”

Com maior seriedade, a história de Trofim Lysenko atravessa o coração da ciência e das afirmações conflitantes entre a ideologia e a cultura. Na verdade, o mesmo fenômeno existe nos Estados Unidos atualmente, apesar de ser numa base popular e não partindo de cima para baixo. Desde a década de 1980, com uma reação conservadora, que se fez sentir por todo o espectro político, a “ciência da criação” propunha-se destronar as teorias da evolução e da seleção natural. Baseados no fundamentalismo religioso, os criacionistas estavam dispostos a usar as vantagens dos avanços tecnológicos, tais como o computador e a televisão, instrumentos fundados na ciência que eles, efetivamente, diziam ser mentirosa. Hoje em dia, a “batalha contra a evolução”, escreveu Ronald W. Clark, “é tão real e engajada quanto no tempo em que Clarence Darrow reduziu Bryan à incoerência [no julgamento do ‘macaco’, de Scope], mais de um século atrás”. Isso resultou de batalhas

na Justiça, censura *de facto* e manufatura de ignorância científica nos Estados Unidos, nesse final do século XX, numa escala gigantesca.

Na verdade, a história de Trofim Lysenko é mantida como um tesouro pela ciência americana, por ser um conto que fornece um alerta em sintonia com os valores de toda uma cultura.



Francis Galton & a Eugenia

(1822 – 1911)

Um dos últimos “cavalheiros cientistas”, Francis Galton deu várias contribuições para a meteorologia e para a psicologia experimental; entre suas realizações que perduraram está o sistema de classificação pela impressão digital, usada para identificar e encontrar criminosos. Mas é mais lembrado por ter fundado e promulgado, apaixonadamente, a eugenia, uma teoria e um programa que propunham que os seres humanos possam ser reproduzidos como animais, para favorecer as “boas” características e suprimir as heranças não desejáveis. Esses pontos de vista foram discutidos em base popular e adotados, entre outros, pelos nazistas. A eugenia, apesar de desacre-

ditada, persistiu pelo século XX, disfarçada de várias maneiras, e sua história justifica fortemente a cautela, nas ciências emergentes, com a manipulação genética. Entretanto, com certas limitações interessantes, Francis Galton foi um “gênio da Era Vitoriana”, cuja contribuição mais importante, argumentam David Depew e Bruce Weber, foi ter sido o primeiro a ver o darwinismo “como uma teoria, na qual as provas estatísticas... adquirem, por si próprias, fecundidade e poder explicativo”.

Francis Galton nasceu em 16 de fevereiro de 1822, perto de Birmingham, na Inglaterra, filho de Samuel Tertius Galton, banqueiro, e de Violetta Darwin Galton, filha de Erasmus Darwin. O mais moço, de sete filhos, Francis logo mostrou ser um prodígio, conseguindo fazer contas de somar e ler quando tinha apenas quatro anos. (Seu Q.I. foi, uma vez, estimado em 200, o que faria com que tivesse 75 pontos a mais de inteligência do que RICHARD FEYNMAN [52], mas essa estimativa não deve ser verdadeira.) Os pais de Galton, inicialmente, planejaram que estudasse medicina, e, com 16 anos, ele começou os estudos no Birmingham General Hospital, indo depois para o King's College, em Londres. No Trinity College, em Cambridge, onde se esforçou para se formar com honras, sofreu um colapso nervoso, devido ao excesso de trabalho. Obteve o B. A. em janeiro de 1844, mas, logo depois, seu pai faleceu, e Galton decidiu não continuar a medicina. A morte do pai foi um evento de importância na vida de Galton, principalmente porque deixou uma herança substancial que lhe permitiu seguir seus próprios interesses.

A expansão do Império Britânico fez com que as viagens exóticas se tornassem uma possibilidade atrativa para um jovem, tal como Galton, que, em 1845, viajou para a África, onde subiu, de navio, o rio Nilo, atravessou o deserto de Saara e visitou Beirute e Jerusalém. Voltou para a Inglaterra em 1846. Fez uma outra viagem em 1850 e, em 1853, publicou um relato espirituoso de suas viagens no livro *A África Tropical do Sul*. Dois anos mais tarde, publicou *A Arte de Viajar; ou Mudanças e Situações Disponíveis nos Países Selvagens*, que se tornou um *best-seller* duradouro. É interessante especular sobre a influência que as viagens de CHARLES DARWIN [4], no *Beagle*, possam ter tido sobre o próprio desejo de Galton de viajar. Algo como 13 anos mais novo do que Darwin, Galton era

um grande admirador de seu primo, como fica provado por uma grande parte de seu trabalho científico.

Depois de se casar com Louise Butler em 1853, Galton fez um estudo sobre a meteorologia. Foi o responsável por parte dos primeiros esforços razoáveis feitos para mapear as condições atmosféricas, e a ele se deve o termo *anticiclone*, usado para designar um sistema de alta pressão. Mas por volta da metade da década de 1860, Galton arrefeceu seu interesse em geografia e em meteorologia para se tornar mais preocupado com a hereditariedade. De acordo com seu biógrafo, D. W. Forrest, o interesse de Galton em hereditariedade “vem da época, na qual ficou evidenciado que seu casamento, provavelmente, não seria fértil”. Parece que o casamento de Galton não foi muito feliz e que a frustração sexual era um componente importante. Já adulto, sofria de ataques de tonteira e de ansiedade, e durante toda sua vida esteve sujeito a sintomas de obsessão. Mas além desses fatores, presumivelmente psicológicos, não está exatamente claro por que Galton se voltou para o estudo da hereditariedade; mas, quando o fez, demonstrou grande entusiasmo e fervor religioso.

Galton escreveu seus primeiros artigos sobre a hereditariedade em 1865, e seu livro *Gênio Hereditário* foi publicado em 1869, seguido pelo livro *Os Homens de Ciência Ingleses*, em 1874. Nesse e em outros trabalhos foi guiado pela convicção de que, do mesmo modo que as características físicas, a inteligência e o temperamento eram herdados e que “a hereditariedade era um agente muito mais poderoso no desenvolvimento humano do que a nutrição”. Influenciado por suas viagens ao Egito colonial e a outros locais, Galton acreditava que os povos não-europeus eram inferiores e preocupava-se com o fato de terem fatores de fertilidade mais altos. “É da maneira mais desqualificada”, escreveu Galton, “que faço objeções às pretensões de igualdade natural.” A solução, como ele acreditava, seria pela manipulação de rebanhos de reprodução humana. “Parece que a estrutura física das futuras gerações será plástica, quase tanto quanto a argila, sob o controle da vontade do criador de animais”, escreveu Galton. “É meu desejo mostrar... que as qualidades mentais também estão igualmente sob controle.”



Em seu livro de 1883, *A Faculdade Humana*, Galton batizou a palavra *eugenia*, que ele mais tarde definiu como “a ciência que cuida de todas as influências que aumentam as qualidades inatas de uma raça; e, também, cuida das pessoas que as desenvolvem, para obter o máximo de vantagem”. Como uma forma de darwinismo social, com a idéia preconcebida de que os ricos são geneticamente superiores aos pobres, assim como o caucasiano é superior aos que não são brancos, a eugenia tornou-se um movimento importante na Inglaterra, nos Estados Unidos e na Europa. Até recentemente, uma forma de amnésia social obscureceu sua popularidade, juntamente com seu caráter espúrio. Desde 1911, cerca de 24 Estados nos Estados Unidos fizeram leis compulsórias de esterilização. A eugenia era também um motor intelectual por trás da legislação, tornando ilegal o casamento inter-racial. “Desde os dias de Galton”, escreveu Daniel Kevles, “a ‘eugenia’ tornou-se uma palavra de conotação infeliz — e com justiça”. Deve ser notado que Galton estava trabalhando com uma teoria defeituosa, conhecida como “a lei ancestral da hereditariedade”. Ele acreditava que cada progenitor contribuía com um quarto das tendências dos filhos, e os antepas-

sados, de ambos os lados, com o restante. Essa teoria foi provada inválida, com a redescoberta do trabalho de GREGOR MENDEL [60]. Estranhamente, Galton havia considerado, durante um certo período, como está indicado em uma carta de 1875 para Charles Darwin, um sistema teórico, semelhante ao de Mendel, mas não levou essa idéia adiante.

Galton conhecia a “curva em forma de sino” ou “de Gauss” e se tornou um dos fundadores da biometria. Instituiu o Laboratório Antropométrico em 1884, durante a Exibição Internacional de Saúde, em South Kensington, onde eram medidos os pesos, alturas, capacidade de respiração, força, visão, audição e outras variáveis dos visitantes. Para melhorar a sociedade, ele sugeria meios de medir a capacidade intelectual e teve alguma influência sobre o teste geral de inteligência de Alfred Binet.

Em 1884, Galton proferiu conferência, o que em retrospecto foi muito importante sobre a avaliação da personalidade. “Queremos compilar os fatos”, ele disse, “de todos os que podem ser separados, verificados, avaliados e reavaliados e, tudo isso, cuidadosamente somado para dar uma medida do caráter.” Seu trabalho moldou-se, seguindo o ponto de vista, ainda encontrado nos dias de hoje na sociologia, bem como na epidemiologia e em várias outras ciências, que supervalorizam as estatísticas e escondem os preconceitos sobre os números. Com Galton, a inter-relação entre a ciência da indução e da racionalidade fica emaranhada em variáveis culturais.

Hoje, Galton é geralmente caracterizado como tendo tido um caráter obsessivo, pronto para medir qualquer coisa. Chegou a quantificar o tédio de uma platéia, contando o número de pessoas que estavam inquietas, e tentou julgar a eficácia da oração; sua medida mais famosa e sintomática foi o “mapa da beleza” da Grã-Bretanha. Ao visitar várias cidades, Galton tinha um pedaço de papel no bolso, onde fazia furos, para contar o poder de atração relativo das mulheres que passavam por ele. Encontrou o maior número de moças bonitas, em Londres, e o menor, em Aberdeen.

Outro artigo de Galton — escreveu mais de 300 — teve grande alcance e demonstrou uma curiosidade sem limites. Ele era um observador detalhista, de muitas formas e, durante suas extensas

viagens, tornou-se um antropólogo de algibeira. Descreve, por exemplo, os americanos como “tendo iniciativa, desafiadores e sensíveis, impacientes com a autoridade, políticos furiosos, muito tolerantes com a desonestidade e a violência, e possuindo espíritos generosos e voltados para o alto, além do verdadeiro sentimento religioso, mas fortemente dedicado à repetição de palavras piedosas”. Antes de morrer, escreveu uma fantasia utópica, *O Colégio da Eugenia de 'Nãopossodizeronde'*, partes da qual aparecem na biografia, escrita por seu discípulo, Karl Pearson.

Galton foi feito cavalheiro em 1909, um ano depois da publicação do livro *Memórias da Minha Vida*. Morreu em 17 de janeiro de 1911. Ainda tem seguidores. A Sociedade de Eugenia, fundada por ele, foi substituída, em 1989, pelo Instituto Galton, com sede em Londres. O Laboratório Antropométrico teve mais tarde seu nome mudado para Laboratório Galton e está ligado, atualmente, ao University College, em Londres. Em seu testamento houve uma doação para a cadeira de eugenia.



Alfred Binet & o Teste do Quociente de Inteligência (Q. I.)

(1857 – 1911)

A quantificação da inteligência surgiu com Alfred Binet, o eminente psicólogo francês que na primeira década do século XX desenvolveu uma escala para medir a idade mental das crianças. Inicialmente projetada para distinguir o retardamento mental, foi revisada por Lewis Terman e designada como a escala Stanford-Binet, que ficou muito em evidência, quando usada pelo exército dos Estados Unidos durante a Primeira Guerra Mundial. A flexibilidade e a base científica simples do Quociente de Inteligência (Q.I.) asseguraram o uso disseminado do teste, e que, no final, acabou por mexer num ninho

de vespas de conflitos e de controvérsias. “O teste de Q.I.”, escreveu Stephen Jay Gould, “trouxe conseqüências notáveis em nosso século”. Com a presunção, não justificada, de que a inteligência tivesse um forte componente de hereditariedade, o teste de Q.I. fornece um sistema simples e cientificamente confiável, que vem alimentando o nativismo e o racismo, de uma maneira que teria, sem dúvida, horrorizado seu criador. Reformador e ativista, Alfred Binet, considerado um dos primeiros psicólogos em importância, era, como observa JEAN PIAGET [77], “um analista sutil dos processos do pensamento... mais consciente do que qualquer outro das dificuldades de se chegar, através de medidas, ao real mecanismo da inteligência”.

Alfred Binet nasceu em 11 de julho de 1857, em Nice, na França. Seu pai e seu avô eram ambos médicos; seus pais, ao que parece, separaram-se quando ainda era criança, e ele foi criado pela mãe, madame Moïna Binet. Não se conhece muito sobre sua infância. Sua biógrafa, Theta Wolf, acredita que seu pai, com objetivo de melhorar sua timidez, levou-o, uma vez, a um necrotério e fez com que tocasse num cadáver; como conseqüência, ele mais tarde renunciou a uma carreira em medicina. Em 1872, entrou para o Lycée Louis-le-Grand, de muito prestígio e no qual se formou em 1875. Inicialmente estudou direito e recebeu a *license* em jurisprudência em 1878. Entretanto, não continuou a trabalhar para obter um doutorado em leis. Em torno de 1880, começou a passar muito tempo na Bibliothèque Nationale e ficou interessado em psicologia, então uma disciplina emergente e muito discutida, na França, na Inglaterra e na Alemanha. Muito mais tarde, em 1894, Binet conseguiu uma *license* em ciências naturais, mas nunca foi médico, apesar de esse fato ser, algumas vezes, mencionado.

Os artigos iniciais de Binet, que expandiram o pensamento psicológico infrutífero de John Stuart Mill, todavia, deram-lhe encorajamento e, em 1882, um lugar no laboratório do eminente Jean Martin Charcot. Lá ficou sete anos observando a histeria. Seu primeiro livro, *La Psychologie du Raisonnement*, foi um estudo dos princípios da associação, publicado em 1886. Em 1892, Binet foi para o novo Laboratório de Fisiologia e Psicologia, na Sorbonne, e, quatro anos mais tarde, com a morte de Henri Beaunis, tornou-se

diretor, posto que manteve até a morte. Em 1895, foi um dos fundadores — e, por muitos anos, o melhor ensaísta — da primeira revista de psicologia francesa, a *L'Année Psychologique*. Mais tarde, passou a ser editor-chefe do periódico, o que constituiu, para ele, uma tarefa para toda a vida.

Contemporâneo de WILHELM WUNDT [99], o primeiro dos psicólogos experimentais, Binet conduziu alguns estudos sobre a sensibilidade tátil — colocando vendas em seus pacientes, por exemplo, e pressionando a pele com duas pontas rombudas — e também sobre os fenômenos das ilusões de ótica. Mas de modo geral seus interesses eram amplos e com enfoque em problemas maiores. Do mesmo modo que muitos psicólogos franceses do século XIX, ele estudou e especulou os processos mentais mais elevados, tais como os processos mentais dos jogadores de xadrez e dos que faziam cálculos de maneira natural. Publicou vários livros sobre hipnotismo e tendeu para o estudo da grafologia, que ele levava muito a sério. Binet acreditava que “sem dúvida, existe algo na grafologia”, e, atualmente, na França, as empresas ainda usam, com regularidade, a análise da escrita para a avaliação dos empregados em potencial.

Em 1890, Binet publicou os resultados de experiências que havia feito com suas jovens filhas; em 1903, publicou estudos adicionais, nos quais analisou suas técnicas de resolver problemas. Através de suas próprias filhas, Binet claramente previu o trabalho inicial de Jean Piaget, e o seu *Étude Expérimentale de l'Intelligence* é, muitas vezes, considerado a melhor obra de Binet. Nesse estudo, ele ficou impressionado pelo fato de suas filhas não conseguirem relatar tudo o que pensavam, em termos de imagens, o que era uma limitação da introspecção, como uma maneira de chegar às generalizações na psicologia. Florence Goodenough chamou esse trabalho de “uma das imagens mais convincentes das diferenças de personalidade que jamais existiu”.

O conceito de Binet sobre a inteligência e sobre os meios de testá-la desenvolveu-se durante 15 anos, a partir de mais ou menos 1890. Ele sugeriu que um lugar deveria ser criado para a medida dos “processos superiores”, que geram as diferenças individuais. A inteligência é uma função sintética, ele argumentava, compondo-se de uma série de faculdades, como a memória, a atenção e a imagi-



As filhas de Binet.

nação. Assim, Binet era crítico dos vários métodos da época que empregavam sistemas quantitativos. Com seu grande amigo, Théodore Simon, Binet tentou, várias vezes, encontrar sinais físicos da inteligência. Seus esforços foram em vão, como conta Stephen Jay Gould em seu livro *A Medida Errada do Homem*, usando a medida da mão e empregando a “craniometria”, na tentativa de encontrar uma correlação entre o físico e a inteligência. Uma das descobertas importantes de Binet — uma comprovação de sua habilidade e sutileza como cientista — foi que esses métodos conferiram um suporte consistente à hipótese nula: não existem diferenças de inteligência devido às conformações físicas.

Em 1904, quando lhe solicitaram que encontrasse uma maneira de identificar as crianças em idade escolar com características de retardamento mental, Binet reconheceu a importância de estabelecer algum tipo de base para a normalidade; e dessa percepção se deriva o que veio a ser chamado de “teste do Q.I.” Binet não estava

interessado, a princípio, em classificar as crianças numa escala numérica, mas desenvolveu uma série de testes simples destinados a medir a memória, a atenção, a compreensão de frases, o julgamento moral — na verdade, todas variáveis complexas. Uma criança com três anos poderia mostrar partes de seu corpo; com a idade de 12, ele, ou ela, poderia repetir uma frase com 26 sílabas. As perguntas eram imaginadas e feitas às crianças de maneira empírica. É interessante notar que Simon e Binet estavam cientes da influência negativa do ambiente, quando existente desde a infância. Ao examinar crianças de três meses a dois anos, num ambiente de enfermaria, eles escreveram, “mesmo a partir dessa idade, a pobreza extrema, a falta de carinho físico e a ausência de atenção direta já apresentam suas marcas e retardam o início do desenvolvimento das faculdades intelectuais”.

O teste de 1905, destinado a medir o retardamento mental, foi revisto por Binet e Simon durante os três anos que se seguiram, quando, então, tornou-se uma escala para medir “o desenvolvimento da inteligência entre as crianças”; uma outra revisão foi feita em 1911. Em 1914, o psicólogo alemão Wilhelm Stern sugeriu uma escala quantificada, na qual a idade mental era relacionada com a idade cronológica, usando o quociente de uma unidade de criança normal, ou seja, 1,0. Dessa forma, que dava uma precisão maior do que Binet e Simon achavam que merecesse, a escala ganhou uma popularidade quase que imediata e, por volta de 1915, um dos que lhe deu suporte inicial, H. H. Goddard, escreveu: “Todo mundo agora fala da escala Binet-Simon.” Em 1916, Lewis Terman publicou a *Revisão e Extensão Stanford da Escala de Inteligência Binet-Simon*, que fornecia a base para os testes que se aplicam atualmente.

Com Terman veio a hipótese da grande força da hereditariedade com relação à inteligência, amarrada com afirmações ideológicas, e ninguém melhor do que ele ilustra como, com o correr dos anos, os piores inimigos dos testes de Q.I. freqüentemente passaram a ser seus proponentes. Terman descobriu pontuações mais baixas entre os hispânicos e entre os negros, e tinha a mesma opinião sobre esses grupos, que os nacional-socialistas, mais tarde, também tinham sobre os poloneses: “Eles não conseguem dominar as abstrações, mas, quase sempre, podem se tornar trabalhadores eficientes...”

Outro pesquisador, Sir Cyril Burt, um proponente britânico do teste de Q.I., publicou dados totalmente fabricados, durante um período de vários anos; seu trabalho, que tinha uma boa correlação com os preconceitos, ficou muito tempo sem ser questionado por seus colegas. Igualmente desagradáveis foram as investigações do psicólogo Leon Kamin sobre as circunstâncias reais por trás do sistema de coleta de dados, no qual, por exemplo, os pesquisadores inventam pontuações de Q.I. para adultos analfabetos, usando testes que não haviam sido projetados para conversão numérica. A controvérsia do Q.I., no final do século, situou-se em torno do livro *A Curva do Sino*, um *best-seller* de Richard J. Herrnstein e Charles Murray. Mas tanto o livro quanto o debate que se seguiu eram tão contaminados com agendas políticas que o ponto de vista científico não podia ser aplicado.

Alfred Binet casou-se com Laure Balbiani, filha de um especialista em embriologia, em 1884. Suas duas filhas, Madeleine e Alice, foram chamadas de Marguerite e Armande nos estudos feitos por ele sobre a inteligência. Binet era enérgico e austero, mas algo distante, e mais admirado do que querido por seus amigos. Mas sua filha Madeleine escreveu que seu pai “era, acima de tudo, um homem muito vivo, sorridente e, muitas vezes, irônico, de modos gentis, sábio em seus julgamentos, um pouco cético, naturalmente — moderado, engenhoso, esperto e com imaginação”. Infelizmente, não viveu para poder arbitrar sobre a controvérsia do Q.I. Sua morte, informada como tendo sido causada por uma “apoplexia cerebral”, ocorreu em 18 de outubro de 1911.



Alfred Kinsey & a Sexualidade Humana

(1894 – 1956)

A sexualidade, como foco de interesse científico, somente se desenvolveu no século XX, após as pessoas nas sociedades industriais mais avançadas se acostumarem ao lazer, tanto quanto ao trabalho, e às ligações românticas, antes, durante e, algumas vezes, fora do casamento. A psicanálise, pedindo emprestado à biologia, descobriu a sexualidade nas crianças e enfatizou sua importância para a vida interior dos adultos. Mas o comportamento real, copulativo e auto-erótico dos homens e das mulheres continuou basicamente um mistério, até que, em dois livros publicados depois da Segunda Guerra Mundial, Alfred Kinsey forneceu perfis estatísticos revela-

dores. Seu trabalho passou a ter grande significado no desenvolvimento de um novo discurso sobre a sexualidade, nas décadas seguintes. Kinsey “não atrai nossa atenção por causa da profundidade ou da elegância de seus pensamentos”, escreveu o historiador Paul Robinson. “Na verdade, ele é importante, porque foi influente, muito mais influente do que qualquer outro pensador sexual, durante a segunda metade do século XX.”

Alfred Kinsey nasceu em Hoboken, no Estado de Nova Jersey, em 23 de junho de 1894, filho de Alfred Seguire Kinsey Sênior e de Sarah Ann Charles. Sua mãe tinha um ótimo gênio, embora tivesse uma educação limitada; seu pai era professor de engenharia no Stevens Institute of Technology e um disciplinador rigoroso e conservador. Numa história, que ainda tem ressonância nos dias de hoje, o Kinsey mais velho mandava seu filho comprar cigarros, que não podiam ser vendidos legalmente a menores, e então notificava às autoridades, para provocar que o infeliz do dono da loja fosse castigado. Embora Kinsey tenha sido um pouco frágil fisicamente, quando criança, veio a gostar do ar livre, já adolescente, e, enfim, foi ser escoteiro, tornando-se um Eagle Scout. Era tímido com as garotas e citou *Hamlet*, no livro de formatura do ginásio: “O homem se delicia, não eu; não, nem tampouco a mulher.”

Depois de se formar no ginásio, Kinsey inicialmente seguiu os desejos do pai e cursou o Stevens Institute com o objetivo de se tornar engenheiro mecânico. Mas com 20 anos anunciou seus planos de estudar biologia e, com a ajuda de uma bolsa, transferiu-se para o Bowdoin College, em Brunswick, no Estado do Maine. A virada educacional de Kinsey causou sua ruptura com o pai, que parou de dar suporte financeiro ao filho, depois de presentear-lo com um terno de US\$ 25. Após se formar em Bowdoin em 1916, Kinsey prosseguiu e estudou taxonomia no Bussey Institute, na Universidade de Harvard, recebendo o D.Sc. em 1920. Ali, ficou interessado na vespinha-das-galhas, encontrada em grande área dos Estados Unidos, e viajou por todo o país, colecionando espécimes. A vespinha-das-galhas deu prova clara da evolução e, para anotar todas as medidas, Kinsey desenvolveu um método que iria, mais tarde, adaptar às entrevistas sobre histórias sexuais.

Na Universidade de Indiana, onde começou a ensinar em 1920, Kinsey estabeleceu uma firme reputação, durante as duas décadas seguintes, como homem de família e professor. Em 1921, casou-se com Clara Bracken McMillen, com quem teve e criou quatro filhos. Na vida profissional, transformou-se na maior autoridade mundial sobre a vespinha-das-galhas, juntando uma coleção de mais de quatro milhões de espécimes, que por fim doou para o Museu Americano de História Natural em Nova York. Escreveu, também, vários livros didáticos, como *Uma Introdução à Biologia*.

O foco sexual do interesse profissional de Kinsey surgiu em 1938, quando a universidade lhe solicitou que coordenasse um curso sobre o casamento. Para sua surpresa, encontrou relativamente poucos dados estatísticos sobre o comportamento sexual. Como escreveu mais tarde, “em muitos dos estudos publicados sobre sexo, havia uma confusão óbvia sobre os valores morais, a teoria filosófica e o fato científico”. Suas tentativas de descobrir mais sobre a sexualidade do adolescente, por meio de entrevistas com seus estudantes, tornaram-se a base dos estudos posteriores.

Os esforços sinceros de Kinsey para obter dados objetivos levaram a universidade a pedir que abandonasse o curso sobre casamento, se fosse continuar sua pesquisa básica sobre sexo. Logo, tinha compilado várias centenas de entrevistas. Em 1941, conseguiu o suporte da Fundação Rockefeller (que estava interessada no estudo da sexualidade desde a década de 1920) e formou a sua equipe com o antropólogo Paul Gebhard, o estatístico Clyde Martin e o psicólogo Wardell Pomeroy. Kinsey logo entrevistou um grande número de alunos, mas ao se espalharem, de boca em boca, as novidades sobre seu projeto, desenvolveu um sistema de amostragem mais representativa, que era entretanto ainda muito carregada com prisioneiros e homossexuais. Kinsey tinha uma grande tolerância com a homossexualidade, tendo em vista sua época, rejeitando o ponto de vista predominante de que se tratava de uma anormalidade herdada, bem como de uma nosologia psicanalítica, que achava ser causada, parcialmente, pelo tipo de criação. Desenvolveu até um programa de comportamento para os homossexuais que desejassem mudar de comportamento.

Apesar de ter fixado uma meta inatingível, de cem mil casos, Kinsey, por fim, conseguiu algo como 18 mil casos, uma realização importante. Seu questionário continha mais de 350 perguntas, dependendo das tendências do entrevistado, e cobria temas socio-econômicos, bem como dados físicos e história sexual. Na técnica de entrevistas, Kinsey e seus colegas inseriram uma série de mecanismos para assegurar sua validade. Os entrevistadores — todos homens, todos casados, nenhum com idéias políticas radicais — partiam do princípio de que seus entrevistados já se haviam engajado em todas as formas de comportamento sexual. Perguntavam rapidamente e de forma impessoal, e se abstinham de qualquer julgamento moral. Quando os entrevistadores eram abordados sexualmente, o que acontecia algumas vezes, Kinsey aconselhava a passividade total como a melhor forma de esfriar o sedutor.

O livro *Comportamento Sexual do Macho Humano* foi publicado em 1948, provocando uma reação pública muito positiva, eventualmente gerando muitos comentários e críticas por parte de médicos, psiquiatras, cientistas sociais e, mesmo, de críticos literários. A obra *Comportamento Sexual da Fêmea Humana*, publicada em 1954, levantou mais ainda a ira dos setores religiosos, bem como de alguns cientistas, como a antropóloga Margaret Mead, que argumentava não dever o livro se tornar um *best-seller* porque os jovens precisariam ser protegidos dos resultados apresentados. Parte do clero achou que o livro era inspirado pelo comunismo, enquanto que os comunistas o acharam reacionário. A Fundação Rockefeller suspendeu seu apoio, e, pelo relato de Ward Pomeroy, em sua excelente biografia, *O Dr. Kinsey e o Instituto para a Pesquisa sobre o Sexo*, “o ano e meio que se passou, antes da morte [de Kinsey], foi um período realmente muito sombrio”. Depois de uma viagem à Europa, Kinsey sofreu um embolia coronariana e faleceu em 25 de agosto de 1956.

Apesar de Kinsey ter ficado como personagem controvertido, Ward Pomeroy sugeriu que ele apresentou, no mínimo, oito contribuições de suma importância. A pesquisa propriamente dita foi um marco, indica Pomeroy, assim como a criação do Instituto Kinsey. Kinsey desenvolveu as três bases estatísticas para o sexo antes e fora

do casamento e para a masturbação. Sua escala de 0-6 para o comportamento homossexual provou ser útil, assim como sua idéia de “escape total” para a sexualidade. O reconhecimento por parte de Kinsey de que o comportamento sexual muda com a classe social foi revelador, assim como sua descoberta de que a resposta ao estímulo sexual pode continuar durante a velhice.

Mas o mais significativo foi a revelação feita por ele da amplitude das variações individuais no comportamento sexual humano. A compilação da grande variabilidade encontrada em homens e mulheres, tanto em sua orientação sexual quanto em suas práticas específicas, foi a grande contribuição científica de Kinsey. O sexo extramatrimonial, a homossexualidade e os contatos com os animais foram todos recebidos por Kinsey e por seus colegas com a mesma atitude fria. Numa época em que a masturbação era causa oficial de rejeição pela Academia Naval dos Estados Unidos, a pesquisa de Kinsey, revelando sua predominância, foi um exemplo excepcional da ciência sendo usada para desmistificar. Pode ser dito que Kinsey não era um grande teórico e que seus estudos são marcados por não cobrirem os problemas de conflitos psicológicos ou a satisfação emocional. Entretanto, como colecionador de dados relativos a algo, tão significativo quanto a sexualidade, não há como contestar a sua importância.⁴³

Embora o trabalho de Kinsey tenha gerado, como escreveu Gerhard Brand, “uma quantidade monumental de informações com relação ao comportamento sexual nos Estados Unidos”, sua herança foi, decididamente, mesclada. Alguns anos após sua morte, o Instituto Kinsey entrou num período de declínio, e um novo relatório teve de ser cancelado, na década de 1970, por desacordo entre os pesquisadores. Quando o Instituto Kinsey emitiu seu relatório para a década de 1990, este se constituiu de um manual de auto-ajuda, projetado para o público em geral. Entrementes, os estudos feitos por William H. Masters e Virginia Johnson, durante a década de

⁴³ Kinsey pôde ser o colecionador equivalente a FRANCIS GALTON [94], cujo desejo de quantificar passava por cima de toda a plausibilidade. Ainda jovem, Kinsey colecionava selos; em adulto, a vespinha-das-galhas e histórias sexuais. Acreditava na utilidade de colecionar qualquer coisa. Kinsey juntou a maior quantidade de medidas de pênis no mundo e fez o esforço, não totalmente bem-sucedido, de compilar as medidas do clitóris.

1960, sobre “a reação sexual humana”, eram extensões lógicas do trabalho de Kinsey, mas suas descrições clínicas do ato sexual vieram a ser mais pretexto do que ciência e foram orientadas para definir normas morais e de conduta. Não é exagero dizer que a intenção científica, por trás de muito do trabalho de Kinsey, vem sendo, uma geração depois de sua morte, bem subvertida, por ideologia e por um novo tipo de obscurantismo.

97



Alexander Fleming & a Penicilina

(1881 – 1955)

A penicilina foi o primeiro antibiótico eficiente, e já salvou milhões de vidas desde sua descoberta, durante a Segunda Guerra Mundial. Não só foi decisiva para reduzir os riscos de infecção no tratamento de feridas e na cirurgia, mas diminuiu sensivelmente a mortalidade por doenças antes amedrontadoras, tais como a pneumonia. Como remédio potente contra a sífilis, constituiu um de dois avanços médicos recentes (o outro é a pílula de controle da natalidade), que levou a profundas mudanças sociais. O abuso e o mau uso dos antibióticos na agricultura e na medicina e o desenvolvimento de cepas de bactérias resistentes à droga não devem obscurecer seu

significado. A penicilina foi isolada e produzida em forma concentrada, pela primeira vez, por Howard Florey e Ernst Chaim, em 1940. Mas sua descoberta e fama extraordinária são devidas ao médico escocês Alexander Fleming.

Na verdade, depois da Segunda Guerra Mundial, Fleming tornou-se foco de muita atenção, mais condizente com uma estrela de cinema dos dias de hoje; recebeu honrarias de todos os setores, como o Prêmio Nobel. Entretanto, a magnitude da contribuição real de Fleming é questionável. Apesar de ter sido um bacteriologista treinado, com realizações sólidas, sua amplitude como cientista era limitada. Seu biógrafo, Gwynn Macfarlane, escreve sem rodeios: "Classificar Fleming como um grande gênio, do modo como foi feito no começo da década de 1940 e que ainda continua nas histórias populares atuais, é um sintoma de 'histeria em massa'."

Escocês de Lochfield, em Ayrshire, Alexander Fleming nasceu em 6 de agosto de 1881, filho de Grace Morton e de Hugh Fleming, fazendeiro, muito trabalhador e já bem velho. O pai de Alexander morreu quando Fleming tinha sete anos; depois da escola primária, foi para Londres, em 1895, para morar com seus irmãos; em Londres, cursou a Regent Street Polytechnic por dois anos, sendo um aluno excelente. Trabalhou, durante um período, como escrivão e, em 1900, alistou-se no regimento London Scottish Rifle Volunteers, para lutar na Guerra dos Boers. Mesmo sem ter sido enviado para o exterior, permaneceu ativo em seu regimento por muitos anos. Com 20 anos, após ter recebido uma pequena herança, entrou em 1901 para a Escola de Medicina do St. Mary's Hospital, em Paddington, onde se tornou um excelente estudante e vindo a ser qualificado para um diploma conjunto em 1906. Dois anos mais tarde, fez os exames de bacharelato, que passou com honras, recebendo os diplomas de M.B. e de M.S. Também ganhou uma medalha de ouro por um ensaio intitulado *A Diagnose da Infecção Bacteriana Aguda*. Em 1909, foi qualificado como cirurgião.

Entretanto, em lugar de praticar a medicina, Fleming havia decidido por uma carreira em pesquisa, depois de ter ficado sob a influência de Almroth Wright, um conhecido professor de patologia, no St. Mary's Hospital. Fleming logo granjeou respeito por suas habilidades e seu bom senso e publicou trabalhos exemplares sobre

doenças como a acne e a sífilis. Trabalhando numa época, antes que as drogas passassem por testes clínicos organizados, Fleming gostava de se auto-inocular e fazia vacinas toda vez que um membro de sua própria família tinha doenças simples, como uma garganta inflamada ou um resfriado.

Durante a Primeira Guerra Mundial, Fleming estudou os anti-sépticos. Destacado para a França, demonstrou que a gangrena e o tétano, que resultavam habitualmente das feridas, eram causados pelos organismos encontrados nos campos das fazendas, que a guerra havia transformado em campos de matança. Em conjunto com Wright, demonstrou que os anti-sépticos em uso na época não conseguiam penetrar completamente o tecido ferido e como, na verdade, eles reduziam a reação bactericida natural do sangue. Também desenvolveu técnicas para combater as infecções. Durante a guerra, esse trabalho recebeu menos atenção do que deveria, mas foi gradualmente absorvido nos procedimentos-padrão de limpeza e de tratamento. Fleming ficou impressionado e incomodado com a devastação humana feita pela guerra, muito mais porque tanto sofrimento vinha das infecções, que eram em princípio passíveis de prevenção ou, no mínimo, remediáveis.

Durante a década de 1920, Fleming fez suas grandes descobertas. Em 1921 — usando sua própria secreção nasal, enquanto estava com um resfriado — descobriu a *lysozyme*, uma enzima que destruía as bactérias, primeiro, no muco nasal, depois, numa série de fluidos corporais e noutras substâncias. Embora esse trabalho tenha sido o mais importante da carreira de Fleming até aquele momento, ele não conseguira isolar a substância. E esse fato foi lamentável, porque outros pesquisadores não tiveram a disposição de investigar a referida substância. O significado da *lysozyme* foi considerável, porque não destruía o tecido vivo, porém isso permaneceu sem explicação por alguns anos. Fleming publicou seus resultados, entretanto, e a *lysozyme* foi, por fim, purificada.

Em setembro de 1928, Fleming fez uma das maiores observações da medicina ocidental. Estava trabalhando com estafilococos — encontrados em abscessos, furúnculos e em várias outras infecções — e notou que um tipo de mofo estava matando as bactérias numa das placas de Petri, em seu laboratório. Em seguida, fez experiências

com o mofo, que tinha (e ainda tem) origem desconhecida, e descobriu que possuía propriedades interessantes. Notadamente, não causava mal às células do sangue e matava as bactérias mais rapidamente do que o ácido carbólico. Entretanto, Fleming não reconheceu imediatamente sua importância terapêutica, quando descreveu o “efeito da penicilina” e publicou os primeiros resultados em 1929. Nem os outros. O artigo atraiu muito pouca atenção na época, e ficou assim por alguns anos. Na verdade, observações semelhantes a respeito dos efeitos destrutivos dos mofos, sobre as bactérias, podiam ser encontradas na literatura médica desde a década de 1870.

O trabalho primordial para o desenvolvimento da penicilina, como remédio, foi feito nas sombras da Segunda Guerra Mundial por Howard Walter Florey e por Ernst Boris Chain. Em 1938, Florey e Chain começaram a testar a penicilina como parte de um esforço maior, destinado a encontrar agentes bactericidas naturais. Por volta de 1939, ficou evidente que o potencial da penicilina era muito grande. Foi testada durante os dois anos seguintes, e os primeiros testes clínicos foram concluídos na metade do ano de 1941. “Não há dúvida”, escreveu Trevor I. Williams, “foram Florey e Chain que, em conjunto, começaram o programa de pesquisa que tornou a penicilina disponível para o mundo como agente quimioterápico de excelência sem rival.” A Segunda Guerra Mundial forneceu casos mais do que suficientes para testar o valor do remédio, e a fabricação em larga escala começou na Inglaterra e nos Estados Unidos.

Em vista dos efeitos desastrosos das infecções em guerras anteriores (que se haviam tornado extremamente sangrentas, nos séculos XIX e XX), a grande admiração do público pela penicilina é perfeitamente inteligível. Mais curiosa é a veneração conferida a Alexander Fleming. Mesmo durante a guerra, tornou-se objeto de adulação. Foi eleito para a Real Sociedade em 1943 e feito cavaleiro em 1944. Em 1945, compartilhou o Prêmio Nobel com Chain e com Florey e aproveitou a ocasião para dizer: “Meu único mérito é não ter deixado de lado as observações e ter perseguido o assunto como bacteriologista.” As afirmativas de Fleming, mais tarde, foram

um pouco menos modestas, e ambos seus companheiros de Prêmio Nobel as achavam exageradas.

Até o final da vida, Fleming continuou a ser uma pessoa excessivamente famosa. Ele era bem consciente da grande distância que havia entre suas realizações e a idolatria a seu respeito, e mantinha um livro de recortes, intitulado *O Mito Fleming*. Bem-apegoado, bondoso, despretenso na maneira de se conduzir, de acordo com um colega, Fleming uma vez declarou “que não merecia o Prêmio Nobel, e eu tive que morder a língua para não concordar com ele”. Apesar disso, Fleming ficava à vontade com a celebridade, que durou até o final de sua vida.

Fleming casou-se com Sarah Marion McElroy em 1915 e tiveram um filho. Depois da morte de Sarah, em 1949, casou-se com Amalia Voureka Coutsouris, uma bacteriologista. No dia 11 de março de 1955, ele teria um jantar com o famoso autor Douglas Fairbanks Jr. e com Eleanor Roosevelt. Doente naquela manhã, Fleming se recusou a consultar um médico. Quando sua mulher o encontrou na cama, ele perguntou se ela pentearia seu cabelo. Ele suava frio e tinha uma dor no peito, mas acreditava que não havia nada de errado com seu coração. Então, abaixou a cabeça e morreu. Foi pranteado em todo o mundo e está enterrado na catedral de S. Paulo em Londres.



B. F. Skinner **& o Behaviorismo**

(1904 – 1990)

Durante meio século, a psicologia americana foi dominada pelo comportamentalismo, e seu proponente mais famoso foi B. F. Skinner. O comportamentalismo se baseava na impossibilidade da introspecção de render dados confiáveis e, alimentado pelas metas do positivismo lógico, adquiriu um domínio impressionante na psicologia acadêmica, que durou até a década de 1960. Skinner era um professor de Harvard, cujo “comportamentalismo operante” foi o sucessor dos programas de comportamentalismo, introduzidos, no começo do século, por Edward Thorndike e por John Watson, e que evitavam a teoria em favor dos resultados puramente quanti-

ficados. Além disso, mais tarde, na vida, teve uma carreira de filósofo popular, enquanto seus seguidores aplicavam técnicas de condicionamento e de reforçamento nos campos da educação, da lingüística, da manutenção da lei e da psicoterapia. Atualmente, a influência dos comportamentalistas está diminuindo, e Skinner, como muitos dos outros psicólogos acadêmicos, vem perdendo sua proeminência, que antes era considerável.⁴⁴ Em 1974 ele podia ser considerado, “facilmente, como o psicólogo americano vivo de maior prestígio e, certamente, o mais controverso”. Em menos de 20 anos, Howard Gardner escreveria que, “hoje em dia, as afirmações teóricas do comportamentalismo (apesar de não deverem ser incluídas suas várias realizações aplicadas) têm, de modo geral, somente um interesse histórico.

Burrhus Frederic Skinner nasceu em 20 de março de 1904, em Susquehanna, no Estado da Pensilvânia, filho de Grace Madge Burrhus e de William Arthur Skinner, advogado. Quando criança, Skinner se interessava por coisas mecânicas e adquiriu habilidades de carpintaria que, mais tarde, colocou em bom uso ao imaginar experiências. “Eu estava sempre construindo coisas”, escreveu em sua autobiografia. “Fiz piões, ‘diabolos’, modelos de aviões, com o motor movido por elásticos enrolados, pipas do tipo de caixa, e hélices de lata que podiam subir bem alto usando um lançador giratório feito com polia e barbante. Tentei, inúmeras vezes, fazer um planador, no qual eu pudesse voar.”

Após se formar no ginásio em 1922, cursou o Hamilton College, em Clinton, no Estado de Nova York, onde se formou em inglês, com ambições de seguir uma carreira literária. Depois da formatura, em 1926, Skinner passou um ano tentando ser escritor, antes, como ele relatou mais tarde, de descobrir “o fato infeliz de que eu não

⁴⁴ Skinner não é o exemplo mais espetacular, na psicologia, de reputação interrompida pela morte. Vernon J. Nordby e Calvin S. Hall, em seu livro *Um Guia para os Psicólogos e para seus Conceitos*, devotam um capítulo para W. H. Sheldon — cujo trabalho é, “para muitos psicólogos, o de maior sucesso”, no esforço para ligar o físico ao psicológico. Inspirado por FRANCIS GALTON [94], durante muitos anos Sheldon tirou milhares de “fotografias de posturas” de estudantes sem roupa, em Yale, Vassar e em outras universidades. Publicou *Um Atlas de Homens* e planejava *Um Atlas de Mulheres*. Por volta de 1955, seu trabalho estava tão pouco valorizado que foi destruída uma grande coleção de suas fotos de nus, considerada sem mérito científico, mas com grande dose de constrangimento.

tinha nada para contar". Inspirado por Bertrand Russell, que escreveu favoravelmente sobre o comportamentalismo, e pelos trabalhos de John B. Watson, Skinner decidiu voltar a estudar e fazer pós-graduação. Foi para Harvard, recebendo o grau de mestre em 1930, e o Ph.D., no ano seguinte.

Durante a década de 1930, em Harvard, onde permaneceu como associado em pós-doutoramento até 1936, Skinner desenvolveu os princípios primordiais do que ele veio a chamar de "condicionamento operativo". O fisiologista russo Ivan Pavlov havia descoberto, anteriormente, o princípio do estímulo-reação, condicionado em experiências famosas que obtiveram o comportamento reflexo nos cães. Por contraste, o método de Skinner isolava e descrevia o comportamento que atuava sobre o ambiente. Em lugar de enviar ratos através de labirintos, como é muitas vezes feito na psicologia experimental, desenvolveu uma caixa, com um mecanismo para distribuir alimento, quando o rato apertava uma alavanca. Eventualmente ligado a um sistema de coleta de dados, a "caixa Skinner" podia fornecer uma agenda planejada do comportamento adquirido.

O projeto comportamentalista elaborado por B. F. Skinner era, de muitas maneiras, diferente do comportamentalismo dos primeiros tempos e refletia, com vigor, o caráter do operacionalismo e do positivismo lógico, duas escolas de pensamento que, durante a década de 1920, haviam destilado os preceitos assumidos pelo método científico. Skinner, que começou a ensinar na Universidade de Minnesota em 1936, publicou, em 1938, *O Comportamento dos Organismos*, uma introdução aos princípios do condicionamento operativo e uma idéia de aprendizado por meio do reforçamento. O livro oferecia, basicamente, uma metodologia para investigar a interação de um organismo com o meio ambiente, pois Skinner não desejava fazer hipóteses sobre operações mentais não observáveis. Empregou, somente, o postulado que os dados experimentais devem ser regulares e, de alguma maneira, legais.

Depois da Segunda Guerra Mundial — durante a qual Skinner mostrou que os pombos poderiam ser ensinados a dirigir um míssil guiado — o programa do comportamentalismo operante emergiu em sua plenitude na Conferência sobre a Análise Experimental do

Comportamento em 1946, quando Skinner ensinava na Universidade de Indiana. Voltou para Harvard, como professor de psicologia, em 1947. Logo, publicou sua novela, *Walden Dois*, sobre uma experiência utópica, baseada em princípios do comportamentalismo operante e que, nas décadas posteriores, os estudantes de psicologia liam e discutiam nos cursos universitários. Durante a década de 1940, Skinner também desenvolveu um berço à prova de som e com ar-condicionado para sua filha Deborah, que foi objeto de um artigo no *Ladie's Home Journal* e que recebeu o nome de *Aircrib*. Anos mais tarde, foi confundido com a caixa Skinner, surgindo, então, a hipótese mítica de que Skinner teria criado sua filha num ambiente com recompensas aos estímulos, como se fosse um rato. Houve boatos de que Deborah havia ficado louca ou se suicidado, o que não era o caso, apesar de que a história em si injetou um tom de banalidade, que atrapalhou todo o projeto comportamentalista.

Para tentar extrapolar as lições do condicionamento operante, para assuntos mais amplos, Skinner escreveu o livro *A Ciência e o Comportamento Humano*, em 1953. Seu livro *Programas de Reforçamento*, escrito em conjunto com Charles Ferster e publicado em 1957, continha os resultados das experiências com os pombos. No mesmo ano, foi publicado o livro *Comportamento Verbal* que Skinner havia começado muitos anos antes; apresentava uma análise da aquisição da linguagem como um processo de condicionamento operante. Os comportamentalistas acreditaram, durante um certo período, que haviam, de alguma maneira, conseguido mudar o curso da lingüística. Mas a crítica condenatória de Noam Chomsky sobre o *Comportamento Verbal*, em 1959, foi o primeiro dos muitos desafios sérios feitos ao trabalho de Skinner.

A partir do final da década de 1950, a psicologia comportamentalista se tornou cada vez mais importante nas universidades, e a cobertura de Harvard conferida a Skinner — a partir de 1958, recebeu a cátedra Professor Edgar Pierce de Psicologia — ajudou a manter seu programa por alguns anos. Publicou um livro controverso e popular, *Além da Liberdade e da Dignidade*, em 1971. Muitos anos mais tarde, apareceu o livro *Sobre o Comportamentalismo*. Nessas obras, ele argumentava em favor da engenharia social, através do gerenciamento do ambiente humano. Ele e seus seguido-

res conseguiram ter uma influência de longo prazo na educação — particularmente, na educação especial — e na psicoterapia, onde o sistema comportamentalista pode ser eficiente em alguns casos de fobias e em outros problemas. De modo geral, o conceito de reforçamento retém certa importância para a educação e para o condicionamento, sendo usado em várias terapias. Ambas as aplicações têm um uso limitado.

Skinner casou-se com Yvonne Blue em 1936, depois de um noivado romântico, mas seu casamento, apesar de duradouro, parece ter sido doloroso para ambos. Skinner tinha um bom relacionamento com as filhas Deborah e Julie; esta última se tornou uma comportamentalista profissional. Quando Skinner se aposentou de Harvard em 1974, iniciou uma autobiografia, em três volumes, *Detalhes de Minha Vida, Moldagem de um Comportamentalista e Uma Questão de Conseqüências*. Essa extravagância representou o que deve ser considerado como a finalização de uma missão, pois ele havia escrito, anos antes: “Seja por narcisismo ou por curiosidade científica, tenho me interessado por mim próprio, tanto quanto por ratos e pombos. Apliquei as mesmas fórmulas, procurei pelos mesmos tipos de relacionamentos causais e manipulei o comportamento do mesmo modo e, algumas vezes, com sucesso comparável.”

Mais recentemente, Skinner foi o objeto de uma biografia, por Daniel W. Bjork, que sugere que ele pertenceu a uma ampla tradição de estrelas intelectuais dos Estados Unidos, tais como Jonathan Edwards, Henry David Thoreau e John Dewey. Ele foi, sugere Bjork, “um original americano, dando um novo enfoque à herança científica, intelectual e social americana”.

Skinner morreu em 18 de agosto de 1990.



Wilhelm Wundt & a Criação da Psicologia

(1832 – 1920)

A psicologia não apareceu como disciplina separada da filosofia até o final do século XIX, e, desde o começo, incluiu os processos mais altos de pensamento e os elementos básicos da percepção. Personagens como William James descreveram explorações perceptivas da psique humana, sobre as quais a filosofia havia, cada vez mais, diminuído sua influência, enquanto os estudos de HERMANN HELMHOLTZ [63] e a psicofísica de Gustav Fechner plantavam a fundação para uma nova ciência experimental. Foi nesse contexto que Wilhelm Wundt emergiu como o fundador da psicologia acadêmica. Esse alemão famoso e prolífico “não era considerado um

gênio por todos”, escreveu Paul Fraisse, “mas a produção prodigiosa, sua erudição, eficiência e influência fazem com que seja considerado o iniciador da psicologia experimental”.

Wilhelm Max Wundt nasceu em 16 de agosto de 1832, em Neckarau, perto de Mannheim, que, na época, pertencia a Baden, na Confederação Germânica. Seu pai, Maximilian Wundt, era carinhoso, mas um pastor algo ineficiente que guardava — sem a menor vontade, de acordo com seu filho — a tradição familiar de serviço religioso. Sua mãe, Maria Friederike Arnold, vinha de uma culta família burguesa. Wundt, desde muito cedo, começou a ter interesse em livros e desenvolveu uma vida interior, de sonhando acordado e fantasiando. Em 1848 tornou-se um jovem admirador da revolta de Viena e assistiu, com seus companheiros, ao Exército prussiano acabar com a república de Baden. Wundt, mais tarde, descreveu as suas atividades revolucionárias da juventude como experiências mais importantes de sua vida.

Wundt cursou as universidades de Tübingen e de Heidelberg, recebendo um diploma de médico em 1855. Mas não estava comprometido com a prática da medicina; em vez disso, em 1857, começou a ensinar fisiologia na Universidade de Heidelberg, onde se tornou assistente, no laboratório de Hermann Helmholtz. Depois de uma doença misteriosa, que pode ter sido ligada à depressão, Wundt se recuperou, ganhando uma visão nova da vida e um novo *élan* produtivo. Seu primeiro livro foi publicado em 1858 e era relativo às mecânicas do movimento muscular. Mas, então, dirigiu-se para assuntos que se tornariam, um dia, parte do currículo da psicologia acadêmica.

Da mesma forma que outros psicólogos de primeira hora, o treinamento de Wundt em fisiologia teve uma influência fundamental, o que se torna aparente pela simples análise de seu trabalho. Seu livro, *Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung* (*Contribuições para a Teoria de Percepção Sensorial*), foi publicado em 1862 e é considerado o trabalho básico da psicologia experimental. Em 1863, saiu o livro *Vorlesungen über die Menschen und Thierseele* (*Conferências sobre a Psicologia Humana e Animal*). Ainda assim, Wundt também publicou a primeira edição de *Um Livro Didático sobre a Fisiologia Humana* em 1865. Uma das contribuições de

maior valor e sucesso foi a série de conferências, que constituem o *Gründzuge der Physiologischen Psychologie* (*Princípios da Psicologia Fisiológica*), em 1873-74. Esse livro, de acordo com uma crítica contemporânea, forneceu um muito necessário “tratamento científico especializado das relações verdadeiras entre o corpo e a consciência”.

Em 1875, Wundt aceitou uma cadeira de filosofia na Universidade de Leipzig, que foi oferecida, devido a sua experiência em ciências naturais. O encaixe entre a academia e o estudioso foi excelente, e Wundt permaneceu em Leipzig por mais 45 anos. Lá, tornou-se, sozinho, uma instituição altamente prolífica, e seu laboratório, uma Meca para estudantes, vindos dos Estados Unidos e de outros países, até da Rússia. Na verdade, uma grande parte da influência de Wundt vem de suas atividades de ensino. Dizem que supervisionou cerca de 200 monografias de doutorado e influenciou toda uma geração de psicólogos dos mais importantes dos Estados Unidos, incluindo G. Stanley Hall, James Cattell e Edward Titchener.

Mais significativo para a futura influência de Wundt foi ter se apoiado na experiência. Em 1879 estabeleceu oficialmente o Instituto de Psicologia Experimental, não muito diferente do Laboratório de Antropometria, fundado mais ou menos na mesma época, por FRANCIS GALTON [94]. Na publicação *Philosophische Studien* (*Estudos sobre Filosofia*), Wundt e seus alunos mostraram os resultados de suas experiências. Ao trabalharem com pessoas reais, mediram, anotaram e colocaram em movimento uma tendência estatística na psicologia que não perdeu a força até os dias de hoje. Apesar de Wundt se apoiar parcialmente na introspecção, que, mais tarde, seria abandonada pelos psicólogos, muitas das investigações sobre os vários aspectos da percepção, da expressão e de outros temas fizeram uso de controles e de vários mecanismos para gerar resultados objetivos.

Wundt estava ciente das limitações das experiências. Desenvolveu um segundo método para chegar à psicologia, examinando os processos de pensamento de nível mais alto, e que ficou como parte importante de sua herança. Ao enfatizar o contexto social e a análise cultural, bem como o estudo da linguagem, Wundt se

transformou logo numa combinação de psicólogo social, antropólogo cultural, filósofo e sociólogo. Publicou em 1886 um livro sobre ética, *Ethik*, e, em 1889, *System der Philosophie*. Em 1900, com 68 anos, lançou o primeiro volume de seu livro *Völkerpsychologie* e, durante os 20 seguintes, acrescentou outros nove volumes. O título, que se traduz como *Psicologia Popular*, não é adequado; o objetivo de Wundt era examinar os mitos, os costumes e o uso da linguagem num contexto cultural e histórico. Apesar de Herman K. Haeberlin considerá-lo como uma “tentativa engenhosa”, escreveu que o esquema de Wundt “se desintegra quando é aplicado”. Não foi bem recebido pelos psicólogos experimentais, que o acharam muito metafísico.

A influência de Wundt sobre a psicologia é, até certo ponto, mais simbólica do que real, mas, de qualquer forma, não pode ser ignorada. Seu nome “se mantém, indissoluvelmente, ligado às origens da psicologia experimental”, afirma Kurt Danziger, num artigo de muita percepção, adicionando, “e isso é assim, mesmo que ele não possa ter a seu crédito uma única descoberta científica, uma inovação metodológica genuína ou qualquer generalização teórica influente”. O fato de que a influência de Wundt foi bem grande, mas sua herança, nula, não é o único encontrado na história da psicologia. O mesmo destino foi comum a uma grande legião de psicólogos, cujas carreiras nem bem haviam terminado e a obscuridade relativa já se apresentava. B. F. SKINNER [98], cujo prestígio há duas décadas era enorme, é somente um dos exemplos.

Entre os aparelhos experimentais de Wilhelm Wundt, encontrava-se um “medidor de pensamento”, com o qual ele tentou medir a percepção do tempo. Era característico de Wundt que estivesse também preocupado, pela maneira com que as pessoas no mundo moderno estavam ficando escravas do relógio. O relógio, ele escreveu, era “o primeiro policial” e “trazia com ele todas aquelas limitações à liberdade pessoal”. Ele acrescentou:

“Um instinto natural leva as pessoas a lutarem contra qualquer poder que tenda a reprimir sua independência. Podemos amar tudo, as pessoas, as flores, os animais, as pedras — mas ninguém ama a polícia! Estamos também engajados, alguns mais, outros

menos, num conflito, que nunca se acaba, com o relógio... Sou eu que, algumas vezes, vôo com as asas de um pássaro e, outras vezes, arrasto-me como uma lesma e... quando penso que estou matando o tempo, estou, na realidade, matando a mim próprio.”

Wilhelm Wundt morreu em 31 de agosto de 1920.



Arquimedes & o Início da Ciência

(c. 287 – 212 a.C.)

Uma evidente antecipação da ciência moderna pode ser encontrada nos trabalhos de Arquimedes. Engenheiro e um dos maiores matemáticos da história, foi o único grego da Antigüidade a ter dado contribuições duradouras, significativas e diretas à mecânica. Seu particular interesse para a ciência nos dias de hoje se prende ao fato de ter usado a experiência, ou a invenção, para testar a teoria e ter reconhecido que os princípios básicos, que podem ser descritos matematicamente, são subjacentes ao fenômeno físico.

Arquimedes exerceu, juntamente com EUCLIDES [59] e com LUCRÉCIO [73], uma influência forte e positiva sobre personagens

como GALILEO GALILEI [7] e ISAAC NEWTON [1]. Plutarco o resumiu, há mil anos, como possuindo “um espírito com vôo alto, uma alma profunda e uma grande riqueza em teoria científica”.

Uma grande quantidade de fatos é conhecida sobre a vida de Arquimedes, fazendo com que ele seja uma exceção com relação a muitos dos outros sábios da Antigüidade. No porto siciliano de Siracusa, no mar Jônico, onde ele cresceu e passou grande parte da sua vida, é ainda possível ver os muros, as fortificações e os aquedutos da cidade antiga. Nascido em torno de 287 a.C., Arquimedes era filho de um astrônomo, Fídias, e amigo — possivelmente, parente — do rei Hieron II, o déspota da Sicília, que reinou a partir do ano 270 a.C., aproximadamente. Em determinada época, Arquimedes viajou para o Egito e estudou em Alexandria, que era, naquele tempo, o centro da cultura e da sapiência grega, onde ficava a maior biblioteca do mundo antigo, o local em que, uma geração antes, Euclides estabelecera sua academia.

As realizações de Arquimedes incluem tanto os tratados de matemática quanto as invenções práticas, além dos relatos anedóticos de suas experiências. Vários de seus livros sobre mecânica foram perdidos; seus tratados sobre geometria — a forma grega de racionalidade matemática — estão todos escritos num estilo lúcido e econômico. Em *Sobre o Equilíbrio das Superfícies Planas*, Arquimedes deu as provas da lei das alavancas e investigou o centro de gravidade. Em *Sobre a Esfera e o Cilindro* descobriu as fórmulas para o volume e a superfície de uma esfera. Ficou prestes a inventar um tipo de cálculo, e seu trabalho se tornou parte da tradição que estava disponível para Newton e para Leibniz, no século XVII. Em *Calculador de Areia*, um de seus últimos trabalhos, Arquimedes quase inventou os logaritmos e usou uma notação científica para os grandes números. Estimou, por exemplo, que cerca de 10^{63} grãos de areia poderiam encher o universo.

O princípio de Arquimedes — sua famosa lei sobre a flutuação — foi discutido em *Sobre os Corpos Flutuantes*. O princípio diz que quando um corpo é submerso em um fluido fica sujeito a uma força vertical de flutuação, igual ao peso do fluido que foi deslocado. Uma pequena pedra pesará mais do que o pouco peso do volume de água deslocado por ela, e afunda. Mas um grande navio se mantém na

superfície devido ao tremendo peso de água deslocado, e portanto flutua. O princípio de Arquimedes explica a flutuação e é um dos fundamentos da hidrostática.

Outra consequência do princípio de Arquimedes está contida numa história famosa e, provavelmente, apócrifa. O rei Hieron tinha suspeitas de que uma grinalda (e não uma coroa, como é muitas vezes mencionado), que fora feita para ele, não tinha sido forjada com ouro puro, mas que também continha prata. Sem destruir a grinalda (o que teria sido um sacrilégio), Arquimedes tinha de descobrir se a suspeita era verdadeira. Voltado ao problema, enquanto tomava banho, “e estando sentado na banheira”, escreveu o arquiteto romano Marcus Vitruvius, cerca de 200 anos depois da morte de Arquimedes, “ele notou que a quantidade de água que saía pela borda era igual ao volume de seu corpo que se encontrava imerso. Isso indicava um método para resolver o problema, e ele não esperou nada; mas, em sua alegria, pulou da banheira e, correndo nu na direção de sua casa, gritava em voz alta que havia encontrado o que procurava, porque, enquanto corria, gritava repetidamente em grego: *heuréka, heuréka*”.

Arquimedes havia percebido que podia descobrir, pelo peso, a densidade de um objeto que tivesse forma irregular. Para testar a grinalda do rei, submergiu a peça em água e mediu o volume de fluido deslocado. Quando foi constatado que um peso igual de ouro deslocava menos água, ficou demonstrado que a grinalda não era de ouro puro.

Arquimedes também tem o crédito por uma série de invenções práticas. A mais famosa é, sem dúvida, o “parafuso sem fim”, uma tubulação com uma espiral, tradicionalmente usada para elevar a água do subsolo. Também criou um planetário mecânico, ou seja, um aparelho tipo planetário, que mecanicamente mostrava os movimentos dos corpos celestes. Também parece que Arquimedes inventou um medidor de dioptria, instrumento usado para medir o diâmetro do Sol.

Plutarco descreve Arquimedes como proverbialmente focalizado na matemática, distraído e descuidado com sua aparência e higiene. “Ele tinha o hábito de desenhar figuras geométricas nas cinzas do fogo e diagramas no óleo de seu corpo, estando num

estado de total concentração e, no sentido verdadeiro, em possessão divina, com seu amor e alegria para com a ciência.” Arquimedes não deixava de ter um senso de humor; conta-se que mandou teoremas falsos para amigos em Alexandria para mostrar “como os que dizem haver descoberto tudo, mas que não produzem provas, podem ser considerados como tendo, na verdade, pretendido descobrir o impossível”.

Arquimedes foi morto pelos romanos em 212 a.C., durante a invasão de Siracusa. De acordo com três historiadores — Políbio, Lívio e Plutarco —, Arquimedes teve um papel destacado na defesa da cidade contra os invasores. Eles descrevem suas máquinas balísticas jogando pedras nos navios, e guindastes deixando cair enormes pedras sobre eles. Existe até uma história sobre uma grande mão de ferro, retirando um barco romano para fora d’água. A história de que Arquimedes teria construído grandes espelhos para incendiar os barcos, é, sem dúvida, falsa, mas não constitui surpresa alguma que os romanos só conseguiram derrotar Siracusa depois de um longo período de sítio. Plutarco faz referência a Marcellus, o general que comandava a missão, que falou a seus engenheiros: “Será que não conseguimos acabar com a luta contra [Arquimedes]... que usa nossos navios para tirar água do mar, que... pela multidão de projéteis que joga contra nós, ao mesmo tempo, faz mais do que a centena de gigantes armados da mitologia?”

Apesar de ser compreensível que Marcellus quisesse prender Arquimedes com vida, o soldado que foi enviado para fazê-lo prisioneiro acabou por matá-lo. Marcellus ficou arrasado, embora o filósofo Alfred North Whitehead mais tarde contasse a história de modo contrário, ainda que exagerando, quando escreveu que essa ação mostrava que os romanos não tinham uma natureza de piedade.

A prova favorita de Arquimedes diz respeito à relação entre os cones cilindros e esferas. Ele demonstrou que se esses objetos têm a mesma base e altura — imaginemos um cone, dentro de um hemisfério, no qual ele próprio está inserido dentro de um cilindro — a relação de seus volumes será de 1:2:3. Além disso, a superfície da esfera é equivalente a dois terços da superfície do cilindro que a contém. Essa relação entre a esfera e o cilindro encantava tanto Arquimedes que ele desejava ter em seu túmulo uma representação

dela. Mais de um século depois de sua morte, Cícero, o estadista romano, que era então o administrador da Sicília, procurou o túmulo de Arquimedes “e o encontrou envolvido, coberto por todos os lados com moitas e trepadeiras...”. Ele escreveu: “Notei uma pequena coluna que saía um pouco acima das moitas e sobre a qual havia a representação de uma esfera e de um cilindro.”

Apesar de Arquimedes não ter sido o primeiro a inventar a alavanca, como algumas vezes se afirma, foi entretanto quem supostamente elucidou o princípio da polia composta, com a frase proverbial: “Com um ponto de apoio, posso mover o mundo.” Assim, ele toma seu lugar no final desta lista, em seguida aos 99 cientistas que lhe sucederam —, pois quase todos são, de alguma maneira, por menor que seja, seus devedores eternos.

OMISSÕES IMPERDOÁVEIS, MENÇÕES HONROSAS E PARTICIPAÇÕES

Algumas explicações se fazem necessárias sobre cientistas famosos e influentes não incluídos neste livro. Acima de tudo, a decisão de iniciar com Isaac Newton impôs uma estrutura que restringiu os personagens mais antigos, deixando somente os que fizeram avanços revolucionários e realizações específicas — Nicolau Copérnico e Johannes Kepler, por exemplo. *Aristóteles* é da maior importância na história da ciência, mas suas contribuições devem-se à sua influência histórica difundida e não à influência direta. Do mesmo modo explica-se a omissão de *René Descartes*, que certamente faria parte deste livro, pelo significado geral e pelas contribuições ao método, mas nenhuma descoberta importante e duradoura foi feita por ele. Algo semelhante pode ser dito de *Francis Bacon*, que até o século XX era considerado como o maior cientista de todos os tempos.

A ciência britânica, de modo particular, oferece muitos exemplos de cientistas anteriores a Newton com influências formidáveis, mas que receberam aqui apenas uma menção, incluindo *Robert Boyle*, *William Gilbert*, *Henry Cavendish* e *Edmond Halley*. Anteriormente, na história, encontra-se uma classe de pioneiros científicos, cuja ausência não deve passar sem menção. Para apontar somente alguns: *Hipócrates*, *Galeno*, *Ptolomeu* e *Paracelso*, juntamente com o grande personagem da ciência árabe, *Alhazen*.

As omissões na física são inúmeras. Nada pode explicar, adequadamente, a ausência de *Josiah Gibbs* ou de *Lorde Kelvin*, a menos que se perguntasse a Charles Darwin, que gostava de chamar este de “cetro odioso”, devido a seus pontos de vista sobre a idade do planeta Terra. *Heinrich Hertz* e *Alessandro Volta* tiveram unidades

de eletricidade batizadas com seus nomes, o que certamente seria suficiente para terem um lugar no centunvirato — mas não foi assim. Os grandes arquitetos da teoria quântica foram incluídos — com exceções, como a de *Wolfgang Pauli*. Richard Feynman está incluído, mas não *Julian Schwinger* ou *Sin-Ituro Tomonaga*, dois outros teóricos principais por trás da eletrodinâmica quântica renovada. Algumas poucas omissões tiveram não só o consolo do Prêmio Nobel, mas também o orgulho do parentesco, como *William Henry Bragg* e seu filho, *Sir Lawrence Bragg*.

Francis Crick declarou uma vez que, de todas as ciências físicas, a química é a mais resistente ao tratamento popular. Para não ser desmentido por este livro, nem *Claude Berthollet*, nem *Jons Berzelius* e nem *Joseph Priestley* estão incluídos. No século XX, é incrível, mas verdadeiro, que nenhum lugar foi encontrado, nem para o prolífico químico orgânico *Derek Barton*, nem para *Gilbert N. Lewis*, cujo trabalho sobre o átomo teve tanto significado para *Linus Pauling*.

A astronomia, em contrapartida, sempre teve seus grandes personagens, que também foram populares e apreciados amplamente, como *Stephen Hawking*. É uma pena que *Roger Penrose* não pudesse ser incluído, nem *Fred Hoyle* e nem *John Wheeler*.

Os vários ramos da biologia produziram um panteão de personagens marcantes. Antes de Darwin, *Louis Agassiz*, pela descoberta da idade do gelo, e *Georges Cuvier*, pela anatomia comparativa e pela paleontologia, foram excepcionalmente significativos. Depois da publicação do livro *A Origem das Espécies*, *Hugo de Vries*, que redescobriu Gregor Mendel e sugeriu a teoria das mutações, é uma omissão digna de nota, mas existem muitas outras: *J. B. S. Haldane* e *Julian Huxley*, por exemplo. Entre os personagens contemporâneos, é lamentável que um lugar não pudesse ser encontrado para *Stephen Jay Gould* ou *Richard C. Lewontin*, entre outros.

O que é verdade para a física é também verdade para a biologia molecular. Mas se *George Gamow*, que trabalhou em ambas as disciplinas, não está aqui, pode então ser entendido que não havia espaço também para *Salvador Luria*, *Oswald Avery* ou *Jacques Monod*. Apesar de *Frederick Sanger* ter sido incluído, por sua

contribuição básica na abertura do genoma humano, por que não incluir *Walter Gilbert*?

Finalmente, deve ficar óbvio que somente alguns personagens da história da medicina são aqui encontrados. A descoberta da insulina, por *Frederick Banting* e *Charles Best*, tem sido bastante relatada, mas foi desprezada neste livro. *John Enders* merecia ser incluído, por seu trabalho em imunologia, e eu, especialmente, lamento não ter sido dado espaço para *Gerald Edelman*, cuja fascinante pesquisa sobre a ciência do cérebro ampliou suas grandes descobertas em imunologia. Foi também doloroso excluir *Henry Dale*, que descobriu a acetilcolina, bem como *Rita Levi-Montalcini*, que descobriu o fator de crescimento dos nervos. No capítulo sobre Jonas Salk, a ausência de *Albert Sabin* é evidente.

Estas são apenas algumas das omissões de uma classe de cientistas, cuja relevância se estende além da mesa de laboratório e do enclave dos estudiosos, não só ao experimentar, observar e demonstrar, mas até ao moldar nossa percepção sobre o mundo.

AGRADECIMENTOS PELAS IMAGENS E SEUS CRÉDITOS

O máximo de esforço foi feito para localizar os *copyrights* das fotografias usadas em *Os 100 Maiores Cientistas da História*. Algumas ilustrações e fotografias já são de domínio público.

Cortesia do Austrian Institute: Ludwig Boltzmann, Sigmund Freud, Erwin Schrödinger

Cortesia do Bantam Books: Stephen Hawking

Cortesia dos biógrafos: Noam Chomsky, Claude Lévi-Strauss, Lynn Margulis, Frederick Sanger

Cortesia do Burroughs-Wellcome: Gertrude Belle Elion

Cortesia do German Information Center: Max Born, Paul Ehrlich, Werner Heisenberg, Johannes Kepler, Gustav Kirchhoff, Robert Koch, Max von Laue, Justus Liebig, Max Planck, Rudolf Virchow, Alfred Wegener

Cortesia da Harvard University: Sheldon Glashow, Ernst Mayr, B. F. Skinner, Edward O. Wilson

Cortesia do Kamerlingh Onnes Laboratory: Heike Kamerlingh Onnes

Cortesia do Linus Pauling Institute of Science and Medicine: Linus Pauling

Cortesia da New York Public Library: Claude Bernard, Franz Boas, Comte de Buffon, Tycho Brahe, Nicolau Copérnico, Marie Curie, John Dalton, Albert Einstein, Euclides, Leonardo Euler, Michael Faraday, Alexander Fleming, Ernst Haeckel, Albert von Haller, William Harvey, Edwin Hubble, Christiaan Huygens, August Kekulé, Emil Kraepelin, Lucrécio, Trofim Lysenko, Marcello Malpighi, Louis Pasteur, J. J. Thomson, Andreas Vesalius

Cortesia da Royal Danish Embassy: Niels Bohr

Cortesia do Salk Institute: Francis Crick, Jonas Salk

Cortesia do Santa Fe Institute: Murray Gell-Mann

Cortesia da University of California Press: George Gaylord Simpson

Cortesia da University of Chicago: Willard Libby

Cortesia da University of Illinois, em Urbana - Champagne Department of Physics: John Bardeen

The Nobel Foundation: Louis Victor de Broglie, Max Delbrück, Paul Dirac, Arthur Eddington, Albert Einstein, Enrico Fermi, Richard Feynman, Emil Fischer, Frederick Gowland Hopkins, Konrad Lorenz, Karl Landsteiner, Thomas Hunt Morgan, Ernest Rutherford, Charles Sherrington, James Watson

Université de Genève/Fotografia por Landenberg: Jean Piaget

Arquivos da Rockefeller University: Theodosius Dobzhansky

Também desejo expressar meus agradecimentos a:

Kinsey Institute for Sex Research/Dellenback: Alfred Kinsey

Los Alamos National Laboratories: Hans Bethe, Enrico Fermi, John von Neumann, J. Robert Oppenheimer, Edward Teller

McGill University Archives: Hans Selye

BIBLIOGRAFIA

1. Consultas Gerais

- Gillispie, Charles Coulston, ed. *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 1-14. Nova York: Scribner's, 1970.
- Graham, Judith, ed. *Current Biography Yearbook, 1940-1995*. Nova York: H. W. Wilson.
- Hellemans, Alexander, and Bunch, Bryan. *The Timetables of Science*. Nova York: Simon and Schuster, 1988.
- McGraw-Hill Modern Men of Science*. Nova York: McGraw-Hill, 1986.
- McMurray, Emily J., ed. *Notable Twentieth-Century Scientists*. Detroit: Gale Research, 1995.
- Mount, Ellis, and List, Barbara A. *Milestones in Science and Technology*. Phoenix, Ariz: Oryx Press, 1987.
- Pelletier, Paul. *Prominent Scientists: An Index to Collective Biographies*, 3^a ed. Nova York: Neal-Schuman, 1994.
- Wasson, Tyler, ed. *Nobel Prize Winners*. Nova York: H. W. Wilson, 1988.

2. Biografias, Autobiografias e Outras Fontes

- Aaobe, Asger. *Episodes from the Early History of Mathematics*. Washington, D.C.: Mathematical Association of America, 1964.
- Ackerknecht, Erwin H. *Rudolf Virchow: Doctor, Statesman, Anthropologist*. Madison, Wisc.: University of Wisconsin Press, 1953.
- _____. *A Short History of Psychiatry*, 2d rev. ed. Nova York: Hafner, 1968.
- _____. *A Short History of Medicine*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1982.
- Adams, Mark B., ed. *The Evolution of Theodosius Dobzhansky: Essays on His Life and Thought in Russia and America*. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- Adelman, Howard B. *Marcello Malpighi and the Evolution of Embryology*, 5 vols. Ithaca: Cornell University Press, 1966.
- Alexander, Franz G., and Selesnick, Sheldon T. *The History of Psychiatry*. Nova York: Harper & Row, 1966.
- Allen, Garland E. "Thomas Hunt Morgan: Materialism and Experimentalism in the Development of Modern Genetics." *Social Research* 51(1984): 709-738.
- _____. "Theodosius Dobzhansky, the Morgan Lab, and the Breakdown of the Naturalist/Experimentalist Dichotomy, 1927-1947," pp. 87-98, in *Evolution of Theodosius Dobzhansky*, ed. Mark B. Adams. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1994.
- Armitage, Angus. *Copernicus: The Founder of Modern Astronomy*. Nova York: A. S. Barnes, 1962.
- Baeyer, Hans Christian von. *Taming the Atom*. Nova York: Random House, 1992.
-

- Bailey, Edward. *Charles Lyell*. Garden City, Nova York: Doubleday, 1963.
- Barlow, Connie, ed. *From Gaia to Selfish Genes*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1991.
- Bartusiak, Marcia. *Through a Universe Darkly*. Nova York: HarperCollins, 1993.
- Bayliss, L. E. "William Maddock Bayliss, 1860-1924: Life and Scientific Work." *Perspectives in Biology and Medicine*. Summer (1961): 460-77.
- Bayliss, William Maddock. *Principles of General Physiology*, 4^a ed. London: Longmans, Green, 1924.
- Bendiner, Jessica and Elmer. *Biographical Dictionary of Medicine*. Nova York: Facts on File, 1990.
- Berland, Theodore. *The Scientific Life*. Nova York: Coward-McCann, 1962.
- Bernstein, Jeremy. *Einstein*. Nova York: Viking, 1973.
- _____. *Hans Bethe: Prophet of Energy*. Nova York: Basic Books, 1980.
- _____. "What Did Heisenberg Tell Bohr About the Bomb?" *Scientific American* 272(5) (1995): 92-97.
- Bethe, Hans, et al. *From a Life of Physics*. Singapore: World Scientific, 1989.
- Birdwood, Wilbur D. [pseud.]. *Euclid's Outline of Sex*. Nova York: Henry Holt, 1922.
- Bleuler, Eugen. *Dementia Praecox, or the Group of Schizophrenias*. Nova York: International Universities Press, 1950.
- Blumberg, Stanley and Panos, Louis G. *Edward Teller: Giant of the Golden Age of Physics*. Nova York: Scribner's, 1990.
- Boesiger, Ernest. "Evolutionary Theories After Lamarck and Darwin," pp. 21-44, in *Studies in the Philosophy of Biology*, ed. F. J. Ayala and T. Dobzhansky. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1974.
- Bolles, Robert C. *The Story of Psychology: A Thematic History*. Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole, 1993.
- Boorstin, Daniel. *The Discoverers*. Nova York: Random House, 1983.
- Boring, Edwin, and Lindzey, Gardner. *A History of Psychology in Autobiography*, vol. 5. Nova York: Appleton-Century Crofts, 1967.
- Born, Max. *My Life: Recollections of a Nobel Laureate*. Nova York: Scribner's, 1975.
- Boslough, John. *Stephen Hawking's Universe*. Nova York: Morrow, 1985.
- Bowers, Bryan. *Michael Faraday and Electricity*. London: Priory Press, 1994.
- Bowler, Peter J. *From the Mendelian Revolution: The Emergence of Hereditarian Concepts in Modern Science and Sociology*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1989.
- Bragman, Louis. "A Rhymed History of Medicine." *Medical Life* 39(1) (1932): 5-54.
- Brand, Gerhard "Alfred Charles Kinsey", pp. 14-21, in *Great Scientists*, vol. 5, ed. F. Magill. Danbury, Conn.: Grolier.
- Broad, William J. *Teller's War*. Nova York: Simon & Schuster, 1992.
- Brock, William H. *The Norton History of Chemistry*. Nova York: Norton, 1992.
- Broda, Engelbert. *Ludwig Boltzmann*. Woodbridge, Conn.: Ox Bow Press, 1983.
- Browne, Janet. "George-Louis Leclerc, Comte de Buffon (1707-88)." *Endeavor* 12(2) (1988): 86-90.
- Bruno, Leonard C. *Landmarks of Science*. Nova York: Facts on File, 1989.
- Brush, Stephan G. *The History of Modern Science: A Guide to the Second Scientific Revolution, 1800-1950*. Iowa State University Press.
- Buhler, W. K. *Gauss: A Biographical Study*. Berlin: Springer Verlag, 1981.

- _____. "Should the History of Science Be Rated X?" *Science* 183 (1974): 1164-72.
- Cannon, Grant G. *Great Men of Modern Agriculture*. Nova York: Macmillan, 1963.
- Carlson, Elof Axel, ed. *Modern Biology: Its Conceptual Foundations*. Nova York: Braziller, 1967.
- Cassidy, David. "Heisenberg, Uncertainty and the Quantum Revolution." *Scientific American* 266(5) (1992): 106-12.
- _____. *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg*. Nova York: W. H. Freeman, 1992.
- Chabner, Bruce A. "In Celebration of a Nobel Prize." *Journal of the National Cancer Institute* 80 (1988): 1512-13.
- Chomsky, Noam. *Syntactic Structures*. The Hague: Mouton, 1957.
- _____. *Logical Structure of Linguistic Theory*. Nova York, Plenum: 1975.
- _____. *Language and Responsibility*. Nova York: Pantheon, 1977.
- Christenson, Cornelia. *Kinsey: A Biography*. Bloomington. Ind.: Indiana University Press, 1971.
- Christianson, Gale E. *In the Presence of the Creator: Isaac Newton and His Times*. Nova York: Free Press, 1984.
- _____. *Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae*. Nova York: Farrar, Straus, 1995.
- Clark, Ronald W. *The Survival of Charles Darwin*. Nova York: Random House, 1984.
- Coe, Sophia Dobzhansky. "Theodosius Dobzhansky: A Family Story", pp. 13-29, in *The Evolution of Theodosius Dobzhansky*, ed. Mark B. Adams. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- Cohen, David. *Piaget: Critique and Reassessment*. London: Croom Helm, 1983.
- Cohen, I. Bernard. *Revolution in Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1985.
- Cook-Decgan, Robert. *The Gene Wars*. Nova York: Norton, 1994.
- Crease, R. and Mann, C. "How the Universe Works." *Atlantic* 254(2): 66-93. 1984.
- _____. *The Second Creation: Makers of the Revolution of the Twentieth-Century Physics*. Nova York: Macmillan, 1986.
- Crick, Francis. *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery*. Nova York: Basic Books, 1988.
- _____. *The Astonishing Hypothesis*. Nova York: Scribner's, 1994.
- Crowther, J. G. *Alexander Fleming*. n.p.: Heron Books, 1971.
- Danziger, Kurt. "Wilhelm Wundt and the Emergence of Experimental Psychology." pp. 396-409 in *Companion to the History of Modern Science*, ed. R. C. Olby et al. London: Routledge, 1990.
- Darwin, Charles. *The Autobiography of Charles Darwin, 1809-1882*. Nova York: Norton, 1958.
- de Broglie, Louis. *Certitudes et incertitudes de la science*. Paris: Albin Michel, 1966.
- de Kruif, Paul. *The Microbe Hunters*. Nova York: Harcourt, Brace, 1926.
- Depew, David J. and Weber, Bruce H. *Darwinism Evolving: Systems Dynamics and the Genealogy of Natural Selection*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1995.
- Desmond, Adrian and Moore, James. *Darwin*. Nova York: Norton, 1991.
- Deutsch, Helene. "Wundt before Leipzig", pp. 3-70, in *Wilhelm Wundt and the Making of a Scientific Psychology*, ed. R. W. Rieber. Nova York: Plenum Press, 1980.
- Dijksterhuis, E. J. *Archimedes*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1987.
-

- Dirac, Margit. "Thinking of My Darling Paul", pp. 5-8, in *Pool Adrian Maurice Dirac*, eds. B. N. Kursunoglu and E. Wigner. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- Dobell, Clifford. *Antony van Leeuwenhoek and His "Little Animals"*. Nova York: Dover, 1932.
- Dobzhansky, Theodosius. *Genetics and the Origin of Species*. Nova York: Columbia University Press, 1937.
- _____. *The Biology of Ultimate Concern*. Nova York: New American Library, 1967.
- Drake, Stillman. *Galileo: Pioneer Scientist*. Toronto: University of Toronto Press, 1990.
- Dreyer, J. L. E. *Tycho Brahe: A Picture of Scientific Life and Work in the Sixteenth Century*. Nova York: Dover, 1963.
- Dubos, René. *Pasteur and Modern Science*. Madison, Wis.: Science-Tech Publishers, 1988.
- Eagle, Morris N. *Recent Developments in Psychoanalysis*. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- Eddington, Arthur. *The Nature of the Physical World*. Nova York: Macmillan, 1946.
- Edelstein, Ludwig. "Andreas Vesalius, the Humanist." *Bulletin of the History of Medicine* 14(5) (1943): 547-61.
- Einstein, Albert. *Out of My Later Years*. Nova York: Philosophical Library, 1950.
- _____. *Relativity: The Special and the General Theory*. Nova York: Crown, 1961.
- Eisely, Loren. *Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It*. Nova York: Doubleday, 1958.
- Eldredge, Niles. *Time Frames: The Evolution of Punctuated Equilibria*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1989.
- _____. *Reinventing Darwin*. Nova York: Wiley, 1995.
- Elkind, David. *Children and Adolescents: Interpretive Essays on Jean Piaget*. Nova York: Oxford University Press, 1970.
- Erwin, Robert. "Oppenheimer Investigated." *Wilson Quarterly* 18(4) (1994): 34-45.
- Euler, Leonard. *Letters of Euler on Different Subjects in Natural Philosophy Addressed to a German Princess*. Nova York: J. & J. Harper, 1833.
- Fairbairn, W. R. D. *Psychoanalytic Studies of the Personality*. London: Routledge, 1952.
- Farber, Eduard. *Great Chemists*. Nova York: Interscience, 1961.
- Fauvel, John et al., eds. *Let Newton Be!* Nova York: Oxford University Press, 1988.
- Ferris, Timothy. *The Red Limit*. Nova York: Quill, 1983.
- Feynman, Richard. *The Character of Physical Law*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1967.
- _____. "Physics: 1920 to Today", pp. 219-235, in *Writing About Science*, eds. M. E. Brown and J. A. Mazzeo. Nova York: Oxford University Press, 1979.
- _____. *Surely You're Joking, Mr. Feynman*. Nova York: Norton, 1985.
- _____. and Weinberg, Steven. *Elementary Particles and the laws of Physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- Findlay, Alexander. *A Hundred Years of Chemistry*, 3rd rev. ed. London: Gerald Duckworth, 1958.
- Fine, Reuben. *A History of Psychoanalysis*. Nova York: Columbia University Press, 1979.
- Fischer, Ernst Peter. "We Are All Aspects of One Single Being: An Introduction to Erwin Schrödinger." *Social Research* 51(1984): 809-832.
- _____. and Lipson, Carol. *Thinking About Science. Max Delbrück and the Origins of Molecular Biology*. Nova York: Norton, 1988.
-

- Fisher, Arthur. "Sociobiology: Science or Ideology." *Society*. July/August (1992): 67-79.
- Ford, Brian J. *Single Lens: The Story of the Simple Microscope*. Nova York: Harper & Row, 1985.
- Forrest, D. W. *Francis Galton: The Life and Work of a Victorian Genius*. Nova York: Taplinger, 1974.
- Fox, Robert. "Laplacian Physics", pp. 278-294, in *Companion to the History of Modern Science*, ed. R. C. Olby et al. London: Routledge (Article from 1974), 1990.
- Fraisse, Paul. "The Evolution of Experimental Psychology", pp. 1-90, in *Experimental Psychology: Its Scope and Method*, vol. I. Paul Fraisse and Jean Piaget. Nova York: Basic Books, 1968.
- Fruton, Joseph S. "Claude Bernard the Scientist," pp. 36-40, in *Claude Bernard and the Internal Environment*, ed. Eugene Debs Robin. Nova York: Marcel Dekker, 1979.
- Galdston, Iago *Behind the Sulfa Drugs*. Nova York: Appleton-Century, 1943.
- Galton, Francis. *Memories of My Life*. London: Methuen. 1908.
- Gardner, Howard. *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*. Nova York: Basic Books, 1985.
- Gay, Peter. *Freud: A Life for Our Time*. Nova York: Norton. 1988.
- Geison, Gerald L. *The Private Science of Louis Pasteur*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1995.
- Gell-Mann, Murray. *The Quark and the Jaguar*. Nova York: W. H. Freeman, 1994.
- Gibson, Charles Robert. *Heroes of the Scientific World*. Freeport, Nova York: Books for Libraries Press, 1970.
- Gingerich, Owen. *The Eye of Heaven: Ptolemy, Copernicus, Kepler*. Nova York: American Institute of Physics, 1993.
- Glashow, Sheldon. *Interactions: A Journey Through the Mind of a Particle Physicist and the Matter of This World*. Nova York: Warner Books, 1988.
- _____. *The Charm of Physics*. Nova York: American Institute of Physics, 1991.
- Gleick, James. *Genius: The Life and Science of Richard Feynman*. Nova York: Pantheon, 1992.
- Goerke, Heinz. *Linnaeus*. Nova York: Scribners, 1973.
- Goertzel, Ted, and Goertzel, Ben. *Linus Pooling: A Life in Science and Politics*. Nova York: Basic Books, 1995.
- Goldman, Martin. *The Demon in the Aether: The Life of James Clerk Maxwell*. Edinburgh: Paul Harris, 1983.
- Goodstein, Judith R. "Atoms, Molecules, and Linus Pauling." *Social Research* 51(3) (1984): 691-708.
- Gould, Stephen Jay. *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1977.
- _____. *The Mismeasure of Man*. Nova York: Norton, 1981.
- _____. *An Urchin in the Storm*. Nova York: Norton, 1987.
- Granit, Ragnar. *Charles Scott Sherrington: An Appraisal*. Garden City, New York: Doubleday, 1967.
- Greenaway, Frank. *John Dalton and the Atom*. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1966.
- Greene, Mott T. "Alfred Wegener." *Social Research* 51(3) (1984): 739-61.
- Gribbin, John. *In Search of Schrödinger's Cat*. Nova York: Bantam, 1984.

- Grünbaum, Adolf. *The Foundations of Psychoanalysis A Philosophical Critique*. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1985.
- _____. "A Brief History of Stephen Hawking." *New Scientist*, March 28, 1992.
- Hadzsits, George Depue. *Lucretius and His Influence*. Nova York: Cooper Square Publishers, 1963.
- Haecherlin, Herman K. "The Theoretical Foundations of Wundt's Folk Psychology," pp. 229-49, in *Wilhelm Wundt and the Making of a Scientific Psychology*, ed. R. W. Rieber. Nova York: Plenum Press, 1980.
- Haley, Michael C., and Lunsford, Ronald E. *Noam Chomsky*. Nova York: Twayne, 1994.
- Hall, Stephen S. "James Watson and the Search for Biology's 'Holy Grail.'" *Smithsonian* 20 (Feb.): 41-50, 1990.
- Harré R. *Early Seventeenth-Century Scientists*. London: Pergamon, 1965.
- Hawking, Stephen. *A Brief History of Time*. Nova York: Bantam, 1988.
- Hayes, William. "Max Delbruck and the Birth of Molecular Biology." *Social Research* 51(3) (1984): 641-73.
- Heims, Steven J. *John von Neumann and Norbert Wiener: From Mathematics to the Technologies of Life and Death*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1980.
- Heisenberg, Elisabeth. *Inner Exile: Recollections of a Life with Werner Heisenberg*. Boston: Birkhauser, 1984.
- Heisenberg, Werner. *Physics and Beyond: Encounters and Conversations*. Nova York: Harper & Row, 1971.
- _____. *Tradition in Science*. Nova York: Seabury, 1983.
- Helmoltz, Robert von. "A Memoir of Gustav Robert Kirebboff," pp. 527-40, in *Annual Report of the Board of Regents*. Smithsonian Institution. Washington, D.C.: Government Printing Office, 1890.
- Herbert, Nick. *Quantum Reality: Beyond the New Physics*. Garden City, New York: Doubleday, 1985.
- Herring, Conyers. "Recollections From the Early Years of Solid-State Physics." *Physics Today*, April 1992: 26-33.
- Herskovits, Melville J. *Franz Boas: The Science of Man in the Making*. Nova York: Scribner's, 1953.
- Hodge, M. J. S. "Origins and Species Before and After Darwin," pp. 374-95, in *Companion to the History of Modern Sciences*, ed. R. C. Olby et al. London: Routledge, 1990.
- Hollingdale, Stuart. *Makers of Mathematics*. London: Penguin, 1991.
- Holmes, Frederic Lawrence. *Lavoisier and the Chemistry of Life*. Madison, Wisc.: University of Wisconsin Press, 1985.
- Holt, Robert R. *Freud Reappraised: A Fresh Look at Psychoanalytic Theory*. Nova York: Guilford Press, 1989.
- Holton, Gerald. *Thematic Origins of Scientific Thought*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1988.
- _____. *Einstein, History, and Other Passions*. Woodbury, New York: ALP, 1995.
- Hoyle, Fred. *Nicolaus Copernicus: An Essay on His Life and Work*. Nova York: Harper & Row, 1973.
- Hunt, Morton. *The Story of Psychology*. Nova York: Doubleday, 1993.

- Hyatt, Marshall. *Franz Boas, Social Activist: The Dynamics of Ethnicity*. Nova York: Greenwood, 1990.
- Jones, Brian. "The Legacy of Edwin Hubble." *Astronomy* 17(2) (1989): 38-44.
- Jones, Ernest. *The Life and Work of Sigmund Freud*, vol. 1. Nova York: Basic Books, 1953.
- Jordanova, L. J. *Lamarck*. Nova York: Oxford University Press, 1984.
- Judson, Horace Freeland. *The Eighth Day of Creation*. Nova York: Simon & Schuster, 1979.
- Kaku, Michio. *Hyperspace: A Scientific Odyssey Through Parallel Universes, Time Warps and the 10th Dimension*. Nova York: Oxford University Press, 1994.
- Kamin, Leon J. *The Science and Politics of I.Q.* Nova York: Wiley, 1974.
- _____. "Behind the Curve." *Scientific American* 272(2) (1995): 99-103.
- Kauffman, George B. "The Making of Modern Chemistry." *Nature* 338 (1989): 699-700.
- Kevles, Daniel J. *In the Name of Eugenics: Genetics and the Uses of Human Heredity*. Nova York: Knopf, 1985.
- _____. *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1995.
- Keynes, Milo. *Sir Francis Galton, FRS: The Legacy of His Ideas*. London: Macmillan and the Galton Institute, 1993.
- Kilmister, C. W., ed. *Schrödinger: Centenary Celebration of a Polymath*. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1987.
- Kinsey, Alfred C.; Pomeroy, Wardell B.; and Martin, Clyde E. *Sexual Behavior in the Human Male*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1948.
- Kline, Morris. *Mathematics and the Physical World*. Nova York: Thomas Y. Crowell, 1959.
- Kragh, Helge S. *Dirac: A Scientific Biography*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Kremer, Richard L. *Letters of Hermann von Helmholtz to His Wife 1847-1859*. Stuttgart: Franz Steiner, 1990.
- Krimbas, Costas B. "The Evolutionary Worldview of Theodosius Dobzhansky," pp. 179-94, in *The Evolution of Theodosius Dobzhansky*, ed. Mark B. Adams. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1994.
- Kuhn, Thomas S. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957.
- Kursunolgu, Bebram N. and Wigner, Eugene P., eds. *Pool Adrien Maurice Dirac*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- Langone, John. *Superconductivity: The New Alchemy*. Chicago: Contemporary Books, 1989.
- Lapage, G. "Paul Ehrlich." *Nature* 169 (1952): 152.
- Laporte, Leo F., ed. *Simple Curiosity: Letters from George Gaylord Simpson to His Family, 1921-1970*. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1987.
- Laudan, Rachel. "The History of Geology, 1780-1840," pp. 314-325, in *Companion to the History of Modern Science*, ed. Olby, R. C. et al. London: Routledge, 1990.
- Lear, John. *Kepler's Dream*. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1965.
- Lee, Thomas F. *Gene Future: The Promise and Perils of the New Biology*. Nova York: Plenum Press, 1993.
- Levi-Strauss, Claude. *The Elementary Structures of Kinship*. Boston: Beacon Press, 1969.
- _____. and Eribon, Didier. *Conversations With Claude Levi-Strauss*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.
- Libby, Willard. *Radiocarbon Dating*, 2nd ed. Chicago: University of Chicago Press, 1955.

- Lind, Michael. "Brave New Right." *New Republic* 211: 24-25, 1994.
- Lucretius. *On the Nature of the Universe*, translated by R. E. Latham. Nova York: Penguin, 1951.
- Macdonald, Anne L. *Feminine Ingenuity*. Nova York: Ballantine, 1992.
- Macfarlane, Gwyn. *Alexander Fleming: The Man and the Myth*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1984.
- Macrae, Norman. *John von Neumann*. Nova York: Pantheon, 1992.
- Mahler, Margaret S.; Pine, Fred; and Bergman, Annie. *The Psychological Birth of the Human Infant*. Nova York: Basic Books, 1975.
- Mann, Charles. "Lynn Margulis: Science's Unruly Earth Mother." *Science* 252 (1991): 378-81.
- Margulis, Lynn. "Personal Statement," pp. 39-47, in *Minds for History Directory*. Mayer, Ariz.: Minds for History Institute, 1990.
- Mason, Stephen F. *A History of the Sciences*. Nova York: Collier, 1962.
- Mayr, Ernst. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.
- _____. *One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1991.
- McCabe, Irena M., and Thomas, John M. "The Bicentenary of the Birth of Michael Faraday of the Royal Institution of Great Britain," *Endeavor* 15(2) (1991): 363-369.
- McDermott, Jeanne. "A Biologist Whose Heresy Redraws Earth's Tree of Life." *Smithsonian* 20(72) (1989): 72-80.
- McGrayne, Sharon Bertsch. *Nobel Prize Women in Science*. Nova York: Birch Lane Press, 1993.
- McKenzie, A. E. E. *The Major Achievements of Science*. Nova York: Simon & Schuster, 1973.
- McKie, Douglas. *Antoine Lavoisier: Scientist, Economist, Social Reformer*. New York: Henry Schuman, 1952.
- Monat, Alan, and Lazarus, Richard S., eds. *Stress and Coping*, 2d ed. Nova York: Columbia University Press, 1985.
- Moore, Ruth. *Niels Bohr: The Man, His Science, and the World They Changed*. Nova York: Knopf, 1966.
- Moore, Walter. *Schrödinger: Life and Thought*. 1989: Cambridge University Press, 1989.
- Morgan, Neil. "From Physiology to Biochemistry," pp. 494-502, in ed. R. C. Olby. *Companion to the History of Modern Science*. London: Routledge, 1990.
- Morrell, J. B. "The Chemist Breeders: The Research Schools of Liebig and Thomas Thomson." *Ambix*. 19 (1972): 1-46.
- Morton, Alan G. *Soviet Genetics*. London: Lawrence & Wishart, 1951.
- Motz, Lloyd, and Weaver, Jefferson Hane. *The Story of Physics*. Nova York: Plenum, 1989.
- Mulligan, Joseph E. "Hermann von Helmholtz and His Students." *American Journal of Physics*. 57(1) (1989): 68-74.
- Nash, J. V. "Some Seventeenth-Century Cosmic Speculations." *Open Court*. 51(8) (1927): 467-87.
- Newman, James R. "Laplace," pp. 45-58, in *Lives in Science*, ed. Editors of *Scientific American*. Nova York: Simon & Schuster, 1957.
-

- Nicollé, Jacques. *Louis Pasteur: The Story of His Major Discoveries*. Nova York: Basic Books, 1961.
- Nicolson, Marjorie. "Kepler, The Somnium, and John Donne," pp. 306-27, in *Roots of Scientific Thought*, eds. Philip P. Wiener and Aaron Noland. Nova York: Basic Books, 1957.
- Nisbett, Alec. *Konrad Lorenz*. Nova York: Harcourt Brace, 1976.
- Noble, David. *Forces of Production*. Nova York: Knopf, 1984.
- Nordby, Vernon J., and Hall, Calvin S. *A Guide to Psychologists and Their Concepts*. Nova York: W. H. Freeman, 1975.
- Nordenskiöld, Erik. *The History of Biology*. Nova York: Knopf, 1928.
- North, John. *The Norton History of Astronomy and Cosmology*. Nova York: Norton, 1995.
- Nuland, Sherwin B. *Doctors: The Biography of Medicine*. Nova York: Knopf, 1988.
- O'Malley, C. D. *Andreas Vesalius of Brussels*. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1964.
- Olby, Robert. "Francis Crick, DNA, and the Central Dogma," pp. 227-80, in *The Twentieth Century Sciences*, ed. Gerald Holton. Nova York: Norton, 1972.
- _____. "The Emergence of Genetics," pp. 52 1-35 in *Companion to the History of Modern Science*, ed. R. C. Olby et al. London: Routledge, 1990.
- Oldroyd, David. "Gregor Mendel: Founding-Father of Modern Genetics?" *Endeavor* 8(1) (1984): 29-31.
- Oliphant, Mark. "Rutherford." *Endeavor* 11(3) (1987): 133-36.
- Pace, David. *Claude Levi-Strauss: The Bearer of Ashes*. Boston: Routledge, 1983.
- Pagels, Heinz R. *Perfect Symmetry: The Search for the Beginning of Time*. Nova York: Bantam, 1985.
- Pais, Abraham. "Subtle is the Lord..." Nova York: Oxford University Press, 1982.
- _____. *Inward Bound: Of Matter and Forces in the Physical World*. Nova York: Oxford University Press, 1986.
- _____. *Niels Bohr's Times: In Physics, Philosophy, and Polity*. Oxford: Clarendon Press, 1991.
- Parvez, H., and S., eds. *Advances in Experimental Medicine: A Centenary Tribute to Claude Bernard*. Amsterdam: Elsevier, 1980.
- Patterson, Elizabeth C. *John Dalton and the Atomic Theory: The Biography of a Natural Philosopher*. Nova York: Doubleday, 1970.
- Pauling, Linus. "Fifty Years of Progress in Structural Chemistry and Molecular Biology," pp. 281-307, in *The Twentieth-Century Sciences: Studies in the Biography of Ideas*, ed. Gerald Holton. Nova York: Norton, 1972.
- Peck, James, ed. *The Chomsky Reader*. Nova York: Pantheon, 1987.
- Peierls, Rudolf. "Dirac's Way," pp. 43-45, in *Paul Adrien Maurice Dirac*, ed. Bebram N. Kursunoglu and Eugene P. Wigner. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- Penfield, Wilder. "Sir Charles Scott Sherrington," pp. 881-883 in *Dictionary of National Biography, 1951-1960*, eds. E. T. Williams and H. M. Palmer. Cambridge: Oxford University Press, 1971.
- Pflaum, Rosalind. *Grand Obsession: Madame Curie and Her World*. Nova York: Doubleday, 1989.
- Pomeroy, Wardell. *Dr. Kinsey and the Institute for Sex Research*. Nova York: Harper & Row, 1972.

- Poupard, Paul Cardinal. *Galileo Galilei: Toward a Resolution of 350 Years of Debate*. Pittsburgh: Duquesne University Press, 1987.
- Quinn, Susan. *Marie Curie: A Life*. Nova York: Simon & Schuster, 1995.
- Rapoport, Roger. *The Super-Doctors*. Nova York: Playboy Press, 1975.
- Rapport, Samuel and Wright, Helen, eds. *Mathematics*. Nova York: New York University Press, 1963.
- Ravetz, J. R. "The Copernican Revolution," pp. 210-16, in *Companion to the History of Modern Science*, eds. R. C. Olby et al. London: Routledge, 1990.
- Rayleigh, Robert John. *The Life of Sir J. J. Thomson*. Cambridge: Cambridge University Press, 1943.
- Rennie, John. "Darwin's Current Bulldog." *Scientific American* 271(8): 24-25. 1994.
- Reston, James Jr. *Galileo: A Lift*. Nova York: Harper Collins, 1994.
- Rhodes, Richard. *The Making of the Atomic Bomb*. Nova York: Simon & Schuster, 1986.
- Rieber, R. W., ed. *Wilhelm Wundt and the Making of a Scientific Psychology*. Nova York: Plenum Press, 1980.
- Robin, Eugene Debs (ed.). *Claude Bernard and the Internal Environment*. Nova York: Marcel Dekker, 1979.
- Robins, R. H. *A Short History of Linguistics*, 2^a ed. London: Loogman. 1979.
- Robinson, Paul. *The Modernization of Sex*. Nova York: Harper & Row, 1976.
- Robinson, Victor. "Robert Koch." *Medical Life* (n.s.) 39(3) (1932): 129-67.
- Roe, Shirley A. *Matter, Life, and Generation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- Ronan, Cohn A. *Science: Its History and Development Among the World's Cultures*. Nova York: Facts on File, 1982.
- Runes, Dagobert D. *A Treasury of World Science*. New York: Philosophical Library, 1962.
- Salk, Jonas. *Man Unfolding*. Nova York: Harper & Row, 1972.
- _____. *The Survival of the Wisest*. Nova York: Harper & Rose, 1973.
- _____. *World Population and Human Values: A New Reality*, Nova York: Harper & Row, 1981.
- Sanger, Frederick. "Sequences, Sequences, and Sequences." *Annual Review of Biochemistry* 57 (1988): 1-28.
- Sarton, George. *The History of Science and the New Humanism*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1937.
- Schechter, Bruce. *The Path of No Resistance*. Nova York: Simon & Schuster, 1989.
- Schrödinger, Erwin. *What Is Life?* Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- Schuster, John A. "The Scientific Revolution," pp. 217-42, in *Companion to the History of Modern Science*, ed. R. C. Olby et al., London: Routledge, 1990.
- Schwarzbach, Martin. *Alfred Wegener: The Father of Continental Drift*. Madison, Wise.: Science Tech, 1986.
- Segrè Emilio. *Enrico Fermi: Physicist*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- _____. *From X Rays to Quarks: Modern Physicists and Their Discoveries*. San Francisco: W. H. Freeman, 1980.
- _____. *From Falling Bodies to Radio Waves: Classical Physicists and Their Discoveries*. Nova York: W. H. Freeman, 1984.
- Selye, Hans. *From Dream to Discovery*. Nova York: McGraw-Hill, 1964.
- _____. *In Vivo: The Case for Supramolecular Biology*. Nova York: Liveright, 1967.

- _____. *The Stress of Life*, rev. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1976.
- Serafini, Anthony. *Linus Pauling: A Man and His Science*. Nova York: Paragon House, 1989.
- Sidgwick, J. B. *William Herschel: Explorer of the Heavens*. London: Faber and Faber, 1954.
- Sigerist, Henry E. *The Great Doctors: A Biographical History of Medicine*. Nova York: Norton, 1933.
- Simpson, George Gaylord. *The Dechronization of Sam Magruder*. Nova York: St. Martin's Press, 1996.
- _____. *Tempo and Mode in Evolution*. Nova York: Columbia University Press, 1944.
- _____. *Concession to the Improbable*. Nova Haven: Yale University Press, 1978.
- _____. *The Book of Darwin*. Nova York: Washington Square Press, 1982.
- Smith, Neil. "Chomsky's Revolution." *Nature* 367 (1994): 521.
- Smith, Robert W. "Edwin P. Hubble and the Transformation of Cosmology." *Physics Today* 43(4) (1990): 52-58.
- Sourkes, Theodore, ed. *Nobel Prize Winners in Medicine and Physiology, 1901-1965*, rev. ed. Nova York: Abeldard-Schuman, 1966.
- Soyfer, Valery N. *Lysenko and the Tragedy of Soviet Science*. Nova Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1994.
- Spielberg, Nathan, and Anderson, Bryon. *Seven Ideas That Shook the Universe*. Nova York: Wiley, 1987.
- Stevens, L. Robert. *Charles Darwin*. Boston: Twayne, 1978.
- Stocking, George W., ed. *A Franz Boas Reader*. Chicago: University of Chicago Press, 1982.
- Sykes, Christopher. *No Ordinary Genius: The Illustrated Richard Feynman*. Nova York: Norton, 1994.
- Talbot, John H. *A Biographical History of Medicine*. Nova York: Grune & Stratton, 1970.
- Tanford, Charles, and Reynolds, Jacqueline. *The Scientific Traveler*. Nova York: Wiley, 1992.
- Thackray, Arnold. *John Dalton: Critical Assessments of His Life and Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1972.
- Thoren, Victor. *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe*. Nova York: Cambridge University Press, 1990.
- Tinbergen, Nikolaas. "Ethology," pp. 238-68, in *Scientific Thought, 1900-1960*, ed. Rum Harré. Oxford: Oxford University Press, 1969.
- Tolstoy, Ivan. *James Clerk Maxwell: A Biography*. Edinburgh: Cannongate, 1981.
- Torrey, E. Fuller. *Freudian Fraud: The Malignant Effect of Freud's Theory on American Thought and Culture*. Nova York: HarperCollins, 1992.
- Wear, Andrew. "The Heart and Blood from Vesalius to Harvey", pp. 568-82, in *Companion to the History of Modern Science*, ed. R. C. Olby et al. London: Routledge, 1990.
- Weintraub, Pamela. *The Omni Interviews*. Nova York: Ticknor & Fields, 1984.
- Weisskopf, Victor. "Niels Bohr, the Quantum, and the World." *Social Research* 51(3) (1984): 583-96.
- White, Michael and Gribbin, John. *Stephen Hawking: A Life in Science*. Nova York: Viking, 1992.
- _____. *Einstein: A Life in Science*. Nova York: Dutton, 1994.
- Wigner, Eugene P. *The Recollections of Eugene P Wigner, as Told to Andrew Szanton*. Nova York: Plenum Press, 1992.
- Williams, L. Pearce. *Michael Faraday*. Nova York: Basic Books, 1965.

- Williams, Trevor. *A Biographical Dictionary of Scientists*, 2^a ed. Nova York: Halsted Press, 1974.
- _____. *Howard Florey: Penicillin and After*. London: Oxford University Press, 1984.
- Wills, Christopher. *Exons, Introns, and Talking Genes*. Nova York: Basic Books, 1991.
- Wilson, David. *Rutherford: Simple Genius*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1983.
- Wilson, Edward O. *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1975.
- _____. *Naturalist*. Washington, D.C.: Island Press, 1994.
- Wilson, Leonard G. *Charles Lyell: The Years to 1841*. New Haven: Yale University Press, 1972.
- Wolf, Theta H. *Alfred Binet*. Chicago: University of Chicago Press, 1973.
- Yoder, Joella. *Unrolling Time: Christiaan Huygens and the Mathematics of Nature*. Nova York: Cambridge University Press, 1988.
- York, Herbert. *The Advisors*, 2^a ed. Stanford, Calif.: Stanford University Press, 1989.
- Zilboorg, Gregory. "Psychological Sidelights on Andreas Vesalius." *Bulletin of the History of Medicine* 14(5) (1943): 562-72.
-

2

Este livro foi impresso nas oficinas da
GEOGRÁFICA EDITORA
Av. Presidente Costa e Silva, 2151
Santo André, SP
