

A probabilidade na Física antes da Física Moderna



Daniel Bernoulli
(1700-1782)

"Portanto a verdadeira lógica para este mundo é o cálculo de probabilidades, que leva em conta a magnitude da probabilidade (que é ou que deveria estar na mente de um homem que pensa razoavelmente)."

James Clerk Maxwell, 1850

No século XVII, ao invés do postulamento de "forças ocultas" ou princípios teológicos para explicação dos fenômenos naturais, os cientistas passaram a procurar explicações baseadas na observação da matéria e do movimento, de uma forma bastante determinística.

No começo do século XVIII, teorias semi cinéticas a respeito da natureza dos gases começaram a aparecer em publicações como as de Jacob Hermann e Leonhard Euler, mas somente em 1738 surge a primeira versão quantitativa da teoria cinética da forma como conhecemos hoje. Ela foi proposta por Daniel Bernoulli em 1738, em seu livro "Hidrodinâmica", onde mostrou que a pressão de um gás deveria ser proporcional ao quadrado da velocidade molecular. Embora não esteja explicitamente escrito, um leitor moderno poderia concluir que Bernoulli também identificou o calor ou temperatura de gás como energia cinética molecular.

A teoria de Bernoulli não se tornou muito atrativa entres seus contemporâneos, principalmente porque ele não explicou como o calor aumentaria o movimento das partículas. Além disso, para o paradigma da época, assumir que os átomos de um gás se moveriam livremente pelo espaço significava contradizer a enraizada crença de que o espaço era preenchido por éter ou vórtices.

A maior parte das características básicas da teoria cinética moderna são reconhecidas como desenvolvimentos diretos dos trabalhos de Maxwell e Boltzmann, construídos sobre as intuitivas ideias de Clausius sobre a entropia, durante o século XIX. Outro grande colaborador de sugestivas ideias foi van der Waals, dentre as quais, a do seu modelo molecular e estudos sobre as propriedades de gases e líquidos.

Esse extensivo desenvolvimento da teoria cinética e molecular no final do século XIX familiarizaram muitos cientistas com o pensamento probabilístico, em contraste com a presunção anterior de que todos os comportamentos atômicos eram determinados, pelo menos em princípio, pelas leis da mecânica e suas condições de contorno.

As verificações diretas dos postulados da teoria cinética só foram possíveis a partir do início do século XX, com o refinamento das técnicas experimentais. Além das simples observações, elas possibilitaram medidas cada vez mais precisas do comportamento e propriedades individuais dos átomos.

A teoria cinética desempenhou importante papel na transição da física clássica para a física quântica, nos níveis conceituais e computacionais. Os métodos estatísticos de Maxwell e de Boltzmann foram utilizados por Einstein e Planck, no começo do século XX, para introduzirem a teoria quântica de radiação.

João Carlos Bortoletto Jr
✉ jbortoletto@gmail.com

Renato Oliveira da Silva
✉ renato.oliveira.silva@gmail.com

Listagem cronológica das publicações que mais contribuíram para a teoria cinética no século XIX

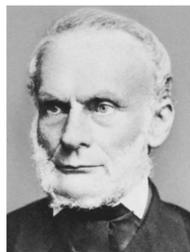
	Autor	Ano de Publicação	Assunto
1	Bernoulli	1738	Relação entre pressão e volume
2	Herapath	1821	Colisões, propriedades dos gases
3	Herapath	1821	Temperatura, transições de fase
4	Herapath	1836	Velocidade molecular e do som
5	Waterston	1843	Movimentos moleculares e colisões
6	Waterston	1846	Teoria do Equilíbrio
7	Herapath	1847	Exposição sistemática, várias aplicações as propriedades dos gases
8	Joule	1848	Argumentos físicos para a teoria de Herapath
9	Krönig	1856	Derivação elementar da lei dos gases
10	Clausius	1857	Exposição geral, transições de fase
11	Clausius	1858	Livre caminho médio, lentidão da difusão
12	Maxwell	1860	Distribuição de velocidade, teoria do livre caminho médio dos coeficientes de transporte
13	Loschmidt	1865	Tamanho de molécula a partir do livre caminho médio
14	Maxwell	1867	Equações de transporte, coeficientes para inversão de forças de 5ª potência
15	Boltzmann	1868	Efeito de forças em distribuição
16	Clausius	1870	Teorema do Virial
17	Stefan	1871	Difusão
18	Maxwell	1871	Paradoxo do "demônio" para a 2ª lei da termodinâmica
19	Boltzmann	1872	Equação de transporte, "Teorema-H"
20	Van der Waals	1873	Equação de estado, ponto crítico
21	Maxwell	1873	Prova da lei geral de distribuição
22	Kelvin	1874	Paradoxo da reversibilidade
23	Boltzmann	1877	Paradoxo da reversibilidade
24	Boltzmann	1877	Entropia e probabilidade
25	Meyer	1877	Exposição geral com muitas aplicações, incluindo teoria de difusão
26	Maxwell	1879	Dinâmicas de gases rarefeitos, estresses pelos gradientes de temperatura
27	Reynolds	1879	Dinâmicas de gases rarefeitos, transpiração termal
28	Maxwell	1879	Teoria do Equilíbrio
29	Boltzmann	1884	Teoria do Equilíbrio, "Ergoden"
30	Poincaré	1890	Teorema da Recorrência
31	Sutherland	1893	Coefficiente de transporte para esferas com forças atrativas
32	Burbury	1894	Aleatoriedade e irreversibilidade
33	Boltzmann	1896	Exposição da teoria de transporte
34	Zermelo	1896	Paradoxo da recorrência
35	Boltzmann	1896	Paradoxo da recorrência
36	Smoluchowski	1898	Condução de calor em gases rarefeitos
37	Boltzmann	1898	Exposição da teoria do equilíbrio
38	Rayleigh	1900	Dependência da temperatura do transporte
39	Kelvin	1900	Problema da equipartição

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

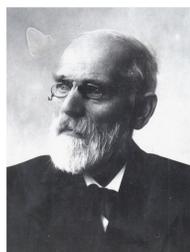
BRUSH, S.G. *The kind of motion we call heat – A history of the kinetic theory of gases in the 19th century.* Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1986.
CAMPBELL, L and GARNETT, W. *The Life of J.C. Maxwell.* London: Macmillan and Co., 1882



James Clerk Maxwell
(1813-1879)



Rudolf Clausius
(1822-1888)



Johannes Diederik van der Waals
(1827-1923)



Ludwig Eduard Boltzmann
(1844-1906)