

Os Noventa Anos de *Les Atomes*

Aécio Pereira Chagas

Em 1913, foi lançado, em Paris, o livro *Les Atomes*, de Jean Perrin. Este livro é um marco na história das Ciências, pois reuniu evidências experimentais sobre a existência dos átomos e moléculas. Naquela época, muitos cientistas, principalmente físicos, não aceitavam a existência dessas partículas. Jean Perrin, um físico-químico francês, foi um importante pesquisador que contribuiu para obter essas provas da realidade molecular.

► Jean Perrin, *Les Atomes*, realidade molecular ◀

Recebido em 26/1/03, aceito em 12/3/03

36

Em 1913, veio a lume, em Paris, o livro *Les Atomes*, escrito por Jean Perrin, professor de Físico-Química na Faculdade de Ciências da Universidade de Paris (Sorbonne). A obra reunia, de uma forma muito clara, precisa e didática, todas as evidências ex-

No começo do século XX, a teoria atômica de Dalton, introduzida no início do século XIX, era, para muitos cientistas - químicos e físicos - uma hipótese útil, porém impossível de ser demonstrada

perimentais, disponíveis então, sobre a realidade dos átomos e moléculas, causando um grande impacto e uma mudança radical nas concepções de muitos cientistas e do grande público.

A muitos, pode parecer estranho que isto tenha acontecido no começo do século XX, mas a teoria atômica de Dalton, introduzida no início do século XIX, era, para muitos cientistas - químicos e físicos (principalmente para estes últimos) - uma hipótese útil, porém impossível de ser demonstrada. Esta atitude era alimentada pelo Positivismo de Augusto Comte, que consi-

derava que a Ciência deveria tratar apenas com objetos e fenômenos perceptíveis pelos nossos sentidos, o que não acontece com os átomos e as moléculas, e estes, portanto, não podiam ser considerados como algo tratável pela Ciência. As idéias positivistas foram muito populares na Europa, no século XIX, tomando o nome de em-

piro-criticismo nos países de fala germânica. A isto somaram-se também dificuldades no desenvolvimento da teoria cinética da matéria (a fundamentação da Mecânica Estatística).

No final do século XIX, houve um intenso debate cultural e, inclusive, uma reação anti-positivista por parte de alguns cientistas, que envidaram esforços na resolução de diversos problemas de aplicação da teoria cinética (Nye, 1972). Um dos

problemas que desafiavam os pesquisadores era o movimento browniano, ou seja, o movimento de partículas coloidais ou maiores, suspensas em um líquido e visíveis no microscópio ótico. Explicações de caráter macroscópico (convecção, gradiente térmico etc.) não correspondiam às observações experimentais. Por outro lado, os que afirmavam ser o movimento causado por colisões moleculares do lí-

quido não conseguiam provas teóricas ou experimentais. No período de 1905 a 1910, diversos pesquisadores, independentemente, atacaram o problema de diferentes ângulos; teóricos, como Einstein, Smoluchowski e Lan-

gevin, e experimentais, como Svedberg e Perrin. De um modo geral, foi possível elaborar modelos que puderam ser testados experimentalmente e, aqui, merece destaque o trabalho de Perrin, inicialmente com a

O Positivismo de Augusto Comte considerava que a ciência deveria tratar apenas com objetos e fenômenos perceptíveis pelos nossos sentidos, o que não acontece com os átomos e as moléculas. Nesse sentido, *Les Atomes* causou uma mudança radical nas concepções de muitos cientistas e do grande público

Esta seção contempla a história da Química como parte da história da ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído.

determinação da constante de Avogadro (N_A) através de observação ao microscópio da sedimentação de partículas de goma-guta¹ (diâmetro de ~500 nm), uma resina natural amarela suspensa em água. Depois, com o teste do modelo de Einstein sobre o deslocamento e sobre a rotação de uma partícula em um sistema deste tipo. O sucesso de Perrin foi devido à técnica que ele desenvolveu (centrifugação fracionada) para preparar suspensões de goma-guta com partículas de mesmo tamanho.

O livro *Les Atomes* é, antes de tudo, uma resposta aos descrentes da realidade molecular. Ele consegue encontrar um denominador comum para um grande número de fenômenos aparentemente desconectados. No prefácio, datado de dezembro de 1912, Perrin discute o problema geral da continuidade e da descontinuidade e as leis da Termodinâmica, e menciona os dois tipos de

Les Atomes é, antes de tudo, uma resposta aos descrentes da realidade molecular. Ele consegue encontrar um denominador comum para um grande número de fenômenos aparentemente desconectados

abordagens intelectuais nas Ciências Físicas: a analogia e a explanação de complexidades visíveis em termos de simplicidades invisíveis (Perrin, 1913).

Os oito capítulos do livro tratam de: Cap. I, A teoria atômica e a Química (moléculas, átomos, hipótese de Avogadro, estrutura das moléculas, as soluções, limite superior das grandezas moleculares); Cap. II, A agitação molecular (velocidade das moléculas, rotação ou vibração das moléculas, livre percurso médio molecular); Cap. III, Movimento browniano - emulsões (histórico e características gerais, o equilíbrio estático das emulsões); Cap. IV, Leis do movimento browniano (teoria de Einstein, controle experimental); Cap. V, Flutuações; Cap. VI, A luz e os quanta (o corpo negro, extensão da teoria dos quanta); Cap. VII, O átomo de eletricidade (ionização dos gases, estrutura atômica da eletricidade); Cap. VIII, Gênese e destruição dos átomos (trans-

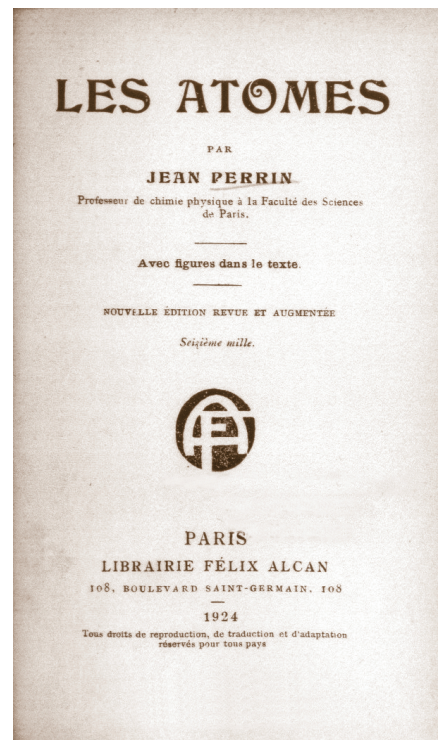


Figura 1: Página de rosto da 9ª edição de *Les Atomes*, de 1924.

mutações, contagens dos átomos, a realidade dos átomos, estrutura do átomo) e, finalizando, uma lista dos elementos químicos com uma tabela de Mendeleiev (Perrin, 1913).

No último capítulo, *Conclusions*, Perrin apresenta uma tabela com os valores da constante de Avogadro determinados por vários métodos. Essa convergência de números é o ponto alto da obra. São 13 equações relativas a diferentes tipos de fenômenos que têm em comum a realidade molecular e o invariante N_A . Nas palavras de Perrin: “*Estou atônito de admiração diante do milagre da concordância tão precisa a partir de fenômenos tão diferentes*”. A Tabela 1 é constituída por duas tabelas de diferentes edições do *Les Atomes*. A primeira coluna, Fenômeno observado, indica o fenômeno utilizado, ou o método, para se determinar a constante de Avogadro. A segunda coluna, indicada por “1ª”, apresenta os valores da primeira edição do livro, de 1913, e a coluna “9ª”, os da nona edição, de 1924, revista e ampliada (Figura 1). Note-se que, nessa última edição, há três determinações

Tabela 1: Valores da constante de Avogadro, N_A , nas 1ª e 9ª edições de *Les Atomes* (Perrin, 1913 e 1924). A primeira coluna refere-se ao fenômeno através do qual se determinou a constante, a segunda coluna ao valor de N_A que aparece na 1ª ed., e a terceira coluna ao valor de N_A na 9ª ed. Note-se que, nesta última, foram acrescentados dois métodos.

Fenômeno observado*	“1ª” $N_A/10^{22}$	“9ª” $N_A/10^{22}$
Viscosidade de gases (teoria cinética, eq. Van der Waals)	62	62(?)
Repartição vertical de grãos (emulsão diluída)	68,3	68
Idem concentrada	-	60
Movimento browniano:		
Deslocamentos	68,8	64
Rotações	65	65
Difusão	69	69
Flutuação de densidade em emulsões concentradas	-	60
Opalescência crítica	75	75
Azul do céu	60(?)	65
Difusão da luz no argônio	-	69
Espectro do corpo negro	64	61
Carga de partículas microscópicas	68	61
Radioatividade:		
Cargas projetadas	62,5	62
Hélio produzido	64	66
Rádio decomposto	71	64
Energia irradiada	60	60

* Os itálicos referem-se aos métodos em que se poderia esperar, no futuro, uma determinação de grande precisão [nota de Perrin na 9ª edição].



Figura 2: Jean Perrin (1870-1942) (do site web.ccr.jussieu.fr/lcpmr/historique.html).

38

a mais e o valor médio está mais próximo do valor atual², refletindo o progresso neste campo em 11 anos. Na 9ª edição, há a indicação de que esta completa 16 mil exemplares impressos, em francês. Nye (1972) menciona que *Les Atomes* foi traduzi-

Grande deve ser, pois, nosso agradecimento àqueles que trouxeram um pouco da verdade, tanto mais àqueles que nos trouxeram muito da verdade

Al-Kindi

África para ajudar a organizar a *Resis-*

do para inglês, alemão, polonês, russo, sérvio e japonês.

Jean Baptiste Perrin (Figura 2) nasceu em Lille (França), em 30 de setembro de 1870, estudou em Lyon e depois em Paris, na *École Normal Supérieur*. Doutora-se em 1897 e, logo a seguir, é nomeado *chargé de cours de Chimie Physique*. Em 1910, passa a ocupar a cátedra de Físico-Química criada para ele, que ocupa até sua morte, em 1942. Recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1926. Fez parte do governo socialista do *Front Populaire* em 1936, quando criou o *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS). Dentre outras atividades para o desenvolvimento da ciência, destaca-se a fundação do *Institut de Biologie Physico-Chimique* (1927), tendo sido seu primeiro diretor, e a idealização do *Palais de la Découverte*, fundado em 1938. Em 1940, com a invasão dos alemães, deixa a França, indo para o norte da

tance. Logo depois, volta à França, mas é obrigado a sair, indo para os Estados Unidos, falecendo logo depois em Nova Iorque (Nye, 1972).

E, para concluir, um pensamento de Al-Kindi: “*Grande deve ser, pois, nosso agradecimento àqueles que trouxeram um pouco da verdade, tanto mais àqueles que nos trouxeram muito da verdade, visto que nos fizeram participantes dos frutos de seus pensamentos e nos facilitaram o caminhos para as verdadeiras questões obscuras, ao mesmo tempo que nos beneficiaram com as premissas que nivelaram, para nós, o caminho da verdade*” (Al-Kindi).

Notas

1. “Gomme-gutta” em francês, “gamboge” em inglês. De acordo com *The Merck Index* (Rahway: Merck & Co., 1976), é uma resina obtida do látex da planta *Garcinia hanburyi* Hook, nativa do sudeste da Ásia. Além da resina, o látex contém também ácido gambóxico, $C_{38}H_{44}O_8$. É utilizada como purgativo.

2. Na 1ª ed., o valor médio de $N_A/10^{22}$ é 66, na 9ª ed., 63 e o valor atual, 60,2.

Aécio Pereira Chagas (aecio@iqm.unicamp.br) é bacharel/licenciado em Química e doutor em Ciências (Química) pela USP, e livre-docente (Físico-Química) pela Unicamp. Foi professor titular de Físico-Química no Instituto de Química da Unicamp até 1994, quando se aposentou. Atualmente é professor voluntário na mesma instituição.

Notas e Referências

AL-KINDI (796-873 d.C.). *Sobre a Filosofia Primeira*. Trad. R. Guerrero. In: *Falsafa - A Filosofia entre os árabes*. ATTIE FILHO, M. (Org.). São Paulo: Editora Palas Athena, 2002. Al-Kindi é tido como o primeiro dos grandes filósofos árabes. Deixou extensa obra, na qual introduziu Aristóteles no ambiente intelectual do Islã.

NYE, M.J. *Molecular reality: a perspective on the scientific work of Jean Perrin*. Londres e Amsterdã: Macdonald and

Elsevier, 1972.

PERRIN, J. *Les Atomes*. 1ª ed. Paris: Alcan, 1913; 9ª ed., 1924. A primeira edição que utilizamos é uma cópia fac-similar editada por Flammarion (Paris, 1991).

Para saber mais

Auguste Comte e o Positivismo

Os pensadores: Auguste Comte. São Paulo: Nova Cultural (1996). O capítulo introdutório, *Vida e obra*, consultoria de José Arthur Giannotti, contém uma excelente

súmula sobre o tema, inclusive sobre a influência do Positivismo no Brasil.

Sobre este tema, além das enciclopédias, há também diversos sites na Internet.

Constante de Avogadro

Sobre seu significado, valor e determinação, há muito em livros e sites da Internet. Entretanto, destacamos o seguinte artigo: MÓL, G. de S.; FERREIRA, G.A.L.; SILVA, R.R. da e LARANJA, H.F. Constante de Avogadro. *Química Nova na Escola*, n. 3, p. 32-33, 1996.

Abstract: *Ninety Years of the Les Atomes* – In 1913, the book *Les Atomes*, by Jean Perrin, was issued in Paris. This book is a landmark in the history of sciences, since it assembled experimental evidences on the existence of atoms and molecules. At that time, many scientists, mainly physicists, did not accept the existence of these particles. Jean Perrin, a French physical chemist, was an important scientist that contributed to obtain these proofs of the molecular reality.

Keywords: Jean Perrin, *Les Atomes*, molecular reality