



Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton



Carlos Alberto L. Filgueiras

A teoria atômica de Dalton, um dos marcos da Química do século XIX, surgiu e foi publicada ao longo da primeira década daquele século. Ela deu uma forma operacional, capaz de ser usada em determinações experimentais, a uma das mais antigas inquietações humanas, que dizia respeito à constituição da matéria. Com Dalton cessa toda a especulação puramente abstrata que cercava o tema desde a Antiguidade clássica. Em seu lugar surge uma teoria que une conceitos teóricos à possibilidade de sua aplicação prática. Por isso o presente artigo faz uma breve resenha de aspectos das teorias filosóficas que precederam a elaboração daltoniana e procura mostrar o encadeamento que levou ao aparecimento da obra do químico inglês.

► origem da Teoria Atômica, Dalton, bicentenário da Teoria Atômica ◀

Recebido em 28/05/04; aceito em 5/11/04

38

A constituição da matéria sempre intrigou os homens. Ela está entre as primeiras especulações filosóficas, e nestas a idéia de átomos tem uma longa história. Várias concepções surgiram, tanto no Ocidente como no Oriente, em circunstâncias, culturas e épocas distintas. Diferentes hipóteses a respeito da constituição da matéria a partir de partículas discretas surgiram na Índia antiga, por exemplo, e especulou-se se poderia ter ocorrido alguma forma de intercâmbio intelectual com os gregos nesse campo. Tanto no bramanismo como no budismo e no jainismo desenvolveram-se concepções de organização da matéria antes da era cristã. No entanto, como este artigo trata da tradição ocidental, culminando na obra de John Dalton, esse aspecto do atomismo não será aqui abordado. Por isso, vamos passar em revista algumas das concepções surgidas na Grécia e em outras partes da Europa Ocidental.

Em Eléia, ao sul da Itália, surgiu no início do século V a.C. uma escola de pensamento, representada por filósofos como Parmênides e Zenão, que se preocuparam sobretudo com questões ligadas ao mundo material. Sua concepção da matéria tem muito

a ver com a realidade ou não do movimento e do vácuo. Para os eleatas, o movimento, a mudança e a variedade das coisas e tudo o que apreendemos com os sentidos é ilusório. O movimento não existe: o pretense deslocamento de uma flecha no ar é um engano de nossos sentidos e pode ser decomposto em quadros estáticos, como numa película cinematográfica. São nossos olhos que nos iludem, fazendo-nos crer na realidade do movimento. A matéria é contínua; logo não pode haver movimento. Se ele existisse, o deslocamento de um corpo em relação a outro teria de dar-se no vazio. Caso contrário, corpos diferentes ocupariam o mesmo espaço, o que é absurdo. Se a matéria é contínua, não existem vazios e o movimento não pode ocorrer.

Leucipo de Abdera (ativo em meados do século V a.C.), em oposição aos eleatas, acreditava na evidência dos sentidos e, conseqüentemente, na realidade do movimento dos corpos. Em conseqüência, deve haver vácuo, para que os corpos se movi-

mentem uns em relação aos outros. Para que haja movimento, a matéria não pode ser contínua, portanto ela deve ser constituída por partículas, ou princípios. Os primeiros princípios de que se constitui a matéria são partículas fundamentais, os “átomos” (discute-se se o nome “átomos”, ou “indivisíveis”, teria sido cunhado por Leucipo ou por Demócrito). Os átomos, além de indivisíveis, são também

sólidos, compactos e podem ter inúmeros formatos. Diferentes combinações de diferentes átomos dão origem à variedade de coisas no mundo.

Demócrito de Abdera (~460-370 a.C.) é tradicional-

mente considerado um elaborador das idéias de Leucipo, embora não se tenha certeza da autoria das contribuições de cada um, uma vez que o que se conhece deles provém quase totalmente de citações de pósteros, como Aristóteles, que os citaram para deles discordarem. Para Demócrito, nada é criado do nada e nada é destruído para o nada. Esta é uma expressão prematura do princípio de

Diferentes hipóteses a respeito da constituição da matéria a partir de partículas discretas surgiram na Índia antiga, e especulou-se se poderia ter ocorrido alguma forma de intercâmbio intelectual com os gregos nesse campo

Cronologia sucinta do desenvolvimento da obra de Dalton até chegar à Teoria Atômica

1801: Lei das Pressões Parciais

1803: Primeira tabela de pesos atômicos (publicada em 1805)

1807: Primeira publicação da teoria atômica de Dalton, por Thomas Thomson (*System of Chemistry*)

1808: Publicação da primeira parte do livro mais importante de Dalton, o *New System of Chemical Philosophy*, com seu próprio relato da nova teoria atômica (as outras duas partes se seguiriam em 1810 e 1827, respectivamente).

conservação da matéria, o qual, em sua versão quantitativa, viria a ser explicitado por Lavoisier ao final do século XVIII.

Demócrito acreditava que os átomos, em adição às características já assinaladas, também eram inquebráveis, tinham peso e participavam da constituição de todos os corpos, os quais tinham cada qual seu tipo de átomo.

Aristóteles (384-322 a.C.) não aceitava o atomismo de Leucipo e Demócrito, por considerá-lo rudimentar. Esse caráter rudimentar resulta de sua natureza exclusivamente materialista. Os corpos são constituídos de matéria, mas também de atributos imateriais. As distinções mais importantes entre os corpos estão nas propriedades, funções e capacidades de cada um. A principal objeção de Aristóteles à teoria atômica de Leucipo e Demócrito é sua incapacidade de explicar a mudança nas substâncias, as transformações químicas, como diríamos hoje. Se existem átomos para cada tipo de substância, não há possibilidade de transformações químicas, o que evidentemente se choca com a evidência.

Epicuro de Samos (342/1-271/0 a.C.) sustentava que a única garantia ou critério de verdade é a percepção sensorial. A filosofia epicurista revive o atomismo, ao admitir que toda sensação é um movimento de átomos resultando do contato entre corpos materiais. No tato ou no paladar isto é óbvio. A visão, por outro lado, é explicada da mesma maneira, supondo que ela depende de que átomos dos objetos vistos sejam emitidos por esses objetos e venham até nossos olhos.

Em Lucrécio (Roma, 100/94-55 a.C.), a teoria atômica é retomada e expressa em verso, num longo poema intitulado *De Rerum Natura* (*Da Natureza das Coisas*). Durante a Idade Média e o Renascimento, todavia, o materialismo da teoria atômica e a oposição de Aristóteles, elevado à condição de principal filósofo das universidades e da cristandade ocidental, tornaram a teoria inaceitável, chegando a ser considerada herética.

Com a efervescência cultural da Revolução Científica, as possibilidades de existência de vácuo e de átomos voltaram a ser temas de grande importância. A invenção do barômetro pelo discípulo de Galileu, Evangelista Torricelli (1608-1647), mostrou que, ao se inverter um tubo cheio de mercúrio sobre uma cuba contendo o mesmo metal, a coluna de mercúrio só permanece até um certo ponto, que depende da pressão atmosférica local. Acima da coluna há vácuo (na realidade, vapor de mercúrio em equilíbrio com o líquido, o que não se conhecia no século XVII). O aparecimento desse “vácuo” estava de acordo com o princípio hidrostático de Blaise Pascal (1623-1662). Pascal, todavia, distinguia o “vácuo” sobre a coluna de mercúrio do “nada”. Por isso não admitia a possibilidade de haver vácuo fora do mundo. No entendimento moderno de que o “vácuo” é na verdade uma rarefação, o pensamento de Pascal nos afigura bastante moderno. De acordo com René Descartes (1596-1650), a característica essencial da matéria do

universo é sua extensão. A extensão é também a característica fundamental do espaço. A matéria cartesiana é infinitamente divisível e não há espaço vazio na natureza. O universo está pleno de matéria e o movimento é uma realidade, transmitindo-se por contato entre vórtices que se comunicam ao longo do espaço. Esses vórtices, ou turbilhões, seriam devidos ao movimento de um material hipotético e muito sutil que permearia todo o universo, denominado “éter”. Pierre Gassendi (1592-1655) se contrapõe a seu contemporâneo, defendendo uma espécie de “atomismo cristianizado”, a partir das idéias de Epicuro. Como sacerdote católico, Gassendi não podia admitir o atomismo ateu dos gregos e sim um sistema que necessitava de Deus como criador e autor da força que anima e regula o mundo.

Na Inglaterra, Robert Boyle (1627-1691) procurou conciliar o atomismo com sua própria experiência de químico, preferindo, todavia, falar de “corpúsculos” constituintes dos corpos, em vez de fenômenos que não são oriundos apenas de trocas entre as características aristotélicas da matéria. Uma qualidade como o odor depende do arranjo dos corpúsculos que formam os corpos: desta sorte,



John Dalton em gravura de 1823. Além de equipamento de laboratório, vêem-se também os símbolos químicos de Dalton nos papéis à sua frente.

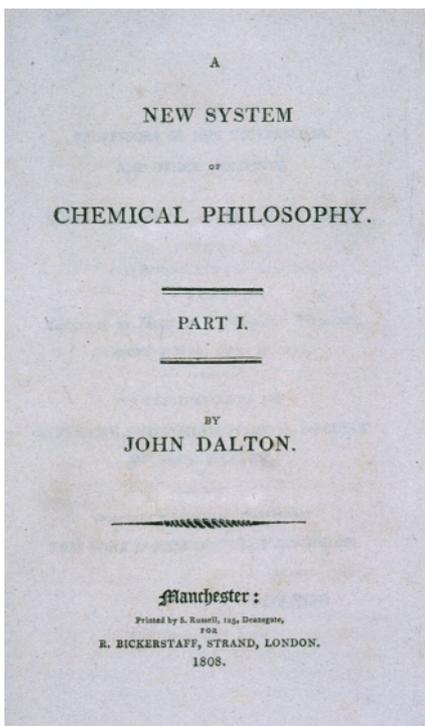
duas substâncias de mau odor podem interagir, produzindo um novo composto de cheiro agradável.

Muitas outras abordagens do conceito de átomo apareceram ao longo do tempo. Todas elas partilharam com aquelas que aqui foram delineadas seu caráter de pura especulação filosófica. Somente no início do século XIX é que surgirá, com John Dalton, uma teoria atômica operacional. Nem sequer Lavoisier, cuja obra aponta, poucos anos antes de Dalton, para o que se costuma chamar de Química Moderna, quis tratar do assunto, por ainda não dispor de dados concretos sobre o tema. O rigor lavoisiano em só afirmar aquilo que pode ser determinado pela experiência, fugindo do que só pode ser conjecturado, está presente nesta afirmação de seu *Tratado Elementar de Química*, de 1789:

A química caminha pois em direção a seu objetivo e em direção à perfeição, dividindo, subdividindo e ainda resubdividindo, e nós ignoramos qual será o fim de sua trajetória. Não podemos assegurar que aquilo que consideramos hoje como simples o seja de fato; tudo que podemos dizer é que tal substância é o termo atual ao qual chega a análise química, e que ela não pode mais se subdividir no estado atual de nossos conhecimentos.

Por ter essa convicção ele não quis especular sobre o conceito de átomo.

William Higgins (1762/3-1825), um químico irlandês, publicou em 1789 um livro em que comparava a velha química flogística, anterior a Lavoisier, com a nova química do pesquisador francês e seu círculo. Nessa obra ele usa o termo “partículas últimas” para o que nós chamaríamos átomos. Todavia, ele diz, por exemplo, que as partículas últimas de enxofre e de oxigênio no dióxido de enxofre são todas idênticas em peso, o mesmo sucedendo com as partículas últimas de nitrogênio e oxigênio que constituem o óxido nítrico. Sua teoria atômica era, portanto, ainda bastante rudimentar e continha incorreções. No



Frontispício de *A New System of Chemical Philosophy*, de 1808.

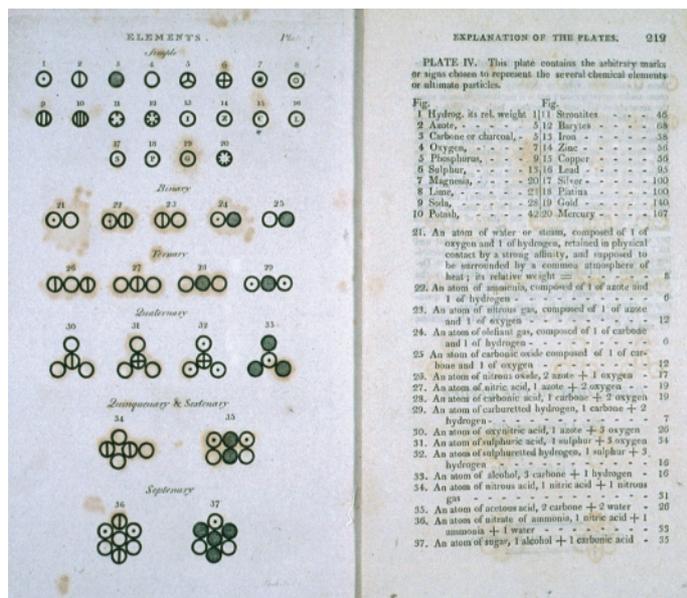
entanto, alguns anos após a publicação da teoria atômica de Dalton, Higgins alegou que o crédito da descoberta da teoria deveria ser creditado a ele. Isto originou uma longa controvérsia, mas uma análise do copioso material existente mostra a grande originalidade e abrangência do trabalho de Dalton.

Vida e obra de John Dalton

John Dalton (1766-1844) nasceu em Eaglesfield, um lugarejo do norte da Inglaterra, filho de um modesto tecelão. A família pertencia à religião *Quaker*, que foi uma forte influência para John e à qual ele permaneceu ligado por toda a vida. Sua educação formal não chegou ao nível universitário, mas ele sempre demonstrou muita determinação e grande predileção por Matemática. Sua aptidão nos estudos foi sempre extraordinária, e ele se tornou um autodidata em muitos assuntos. A necessidade de ajudar a família fez com que desde cedo o jovem Dalton começasse a trabalhar naquilo que sabia fazer: ensinar. Aos 12 anos de idade criou uma escola, que funcionava de início num paiol, sendo depois transferida para o salão de reuniões dos *Quakers*. A escola teve duração efêmera, pois

funcionou só até 1780. Ao mesmo tempo, Dalton continuou a estudar e veio a tornar-se versado em grego, latim, francês e filosofia natural. Em 1781, John e seu irmão Jonathan foram convidados a se tornarem assistentes na escola de Kendal, onde lecionaram Matemática e línguas antigas e modernas. A partir de 1785, com a aposentadoria do mestre-escola, seu primo George Bewley, os dois irmãos assumiram a direção da escola. De 1784 a 1794, John Dalton escreveu em jornais, estudou Zoologia e Botânica, passou a manter um diário de observações meteorológicas e a lecionar cursos de filosofia natural, incluindo-se aí a química dos gases. Em 1793 foi convidado a ser professor de Matemática e filosofia natural no New College, de Manchester. A partir daí, viveu naquela cidade até o fim de seus dias. Em suas aulas de Química, um dos livros adotados era o *Tratado Elementar de Química*, de Lavoisier. Poucos anos depois ele deixou o cargo de professor no New College e passou a se manter sobretudo com aulas particulares. Um de seus alunos ilustres foi James Prescott Joule (1818-1889), futuro elaborador da teoria mecânica do calor.

Dalton desenvolveu desde cedo uma paixão pela meteorologia. Por 46 anos tomou medidas diárias do tempo e das condições atmosféricas, registrando no papel mais de duzentas mil observações. Se for verdade a opinião popular de que o assunto que mais interessa aos ingleses é o tempo, então Dalton pode ser considerado a quintessência do britanismo. Esse interesse pela meteorologia levou-o a debruçar-se sobre o estudo dos gases, concentrando-se, numa fase inicial, naqueles que constituem a atmosfera. Sua meticulosidade em realizar e anotar observações era proverbial. Embora seus copiosos volumes de notas manuscritas houvessem já sido publicados, é de lamentar que os originais tenham sido totalmente destruídos na noite de 23-24 de dezembro de 1940, juntamente com milhares de outros documentos e volumes preciosos, quando um ataque aéreo da *Luftwaffe*, a força aérea alemã, bombardeou sua cidade e



Os símbolos criados por Dalton para os elementos e seus compostos, de *A New System of Chemical Philosophy*.

destruiu a sede da Sociedade Literária e Filosófica de Manchester, onde estavam depositados aqueles materiais.

O primeiro dos estudos de Dalton sobre os gases levou à teoria da mistura dos gases. Havia ao final do século XVIII um enigma que desafiava os pesquisadores. Sabia-se que a atmosfera era composta principalmente de nitrogênio e oxigênio, contendo também gás carbônico e vapor d'água. No entanto, como se relacionavam esses gases entre si? Formavam eles um composto gasoso, que podia ser decomposto durante as reações exaustivamente estudadas pelos eminentes químicos dos setecentos, ou, ao contrário, estavam apenas misturados, como numa mistura de açúcar e sal? Curiosamente, a composição do ar era praticamente constante, como mostravam as abundantes observações de Dalton realizadas em lugares os mais distantes entre si. Alguns anos depois, em França, o químico Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) viria a mostrar que a constituição percentual da atmosfera é praticamente constante até alturas consideráveis, mesmo sendo a pressão menor. Isto ele próprio determinou por meio de duas ascensões em balão, no ano de 1804, quando chegou a atingir a altitude de 7016 metros. Dalton, sob a influência de Newton, acreditava que os gases

da atmosfera formassem apenas uma mistura, sem que qualquer ligação química existisse entre eles. Se isso fosse correto, por que o dióxido de carbono, mais pesado, não se concentraria nas camadas inferiores da atmosfera, seguido do vapor d'água, do oxigênio e do nitrogênio, em ordem decrescente de peso? Aqui é bom lembrar que ainda não se sabia que o oxigênio e o nitrogênio formavam espécies diatômicas O_2 e N_2 , e que a composição da água era considerada como sendo do tipo 1:1 em hidrogênio e oxigênio, ou HO. A condução da questão por Dalton é um exemplo de que muitas vezes a ciência progride não a partir de dados experimentais, mas sim de uma idéia concebida previamente pelo cientista e só então testada à luz da experiência. Tudo isso está claro em seu artigo intitulado "Nova teoria da constituição dos fluidos aeriformes mistos e particularmente da atmosfera", lido originalmente em 1801 na Sociedade Literária e Filosófica de Manchester e publicado no ano seguinte nas *Memórias* da Sociedade. Nessa memória Dalton introduz a seguinte proposição:

Quando dois fluidos elásticos, denominados A e B, são misturados, não há qualquer repulsão mútua entre suas partículas, isto é, as partículas de A

não repelem as de B, como elas se repelem umas às outras (isto é, só A repele A, ou só B repele B, n. do presente autor). Conseqüentemente, a pressão ou peso total sobre qualquer partícula deve-se apenas àquelas de sua própria espécie.

Esta é uma importante lei descoberta por Dalton, conhecida como lei das pressões parciais. Mais tarde ele daria um novo enunciado dessa lei em termos mais práticos:

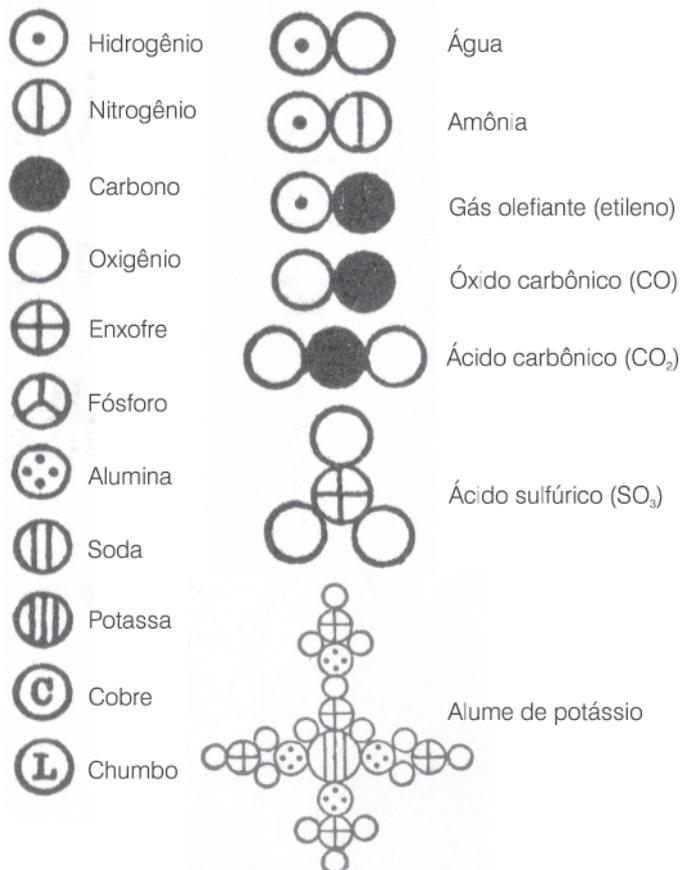
Quando a mistura de quaisquer dois ou mais gases atinge o equilíbrio, a energia elástica de cada um deles sobre a superfície do recipiente ou de qualquer líquido é precisamente a mesma como se ele fosse o único gás presente ocupando todo o espaço, e todos os outros tivessem sido retirados.

Seu amigo William Henry (1774-1836) enunciaria essa mesma lei como: *cada gás é um vácuo para qualquer outro gás*. Um enunciado moderno da lei é: *a pressão total de uma mistura de gases é igual à soma das pressões que cada um exerceria se estivesse sozinho*. Na realidade, os dados então disponíveis não levariam a essa generalização, mas Dalton estava convencido de sua realidade, que veio a se mostrar correta.

Anos mais tarde o próprio Dalton confessaria, numa conferência proferida na *Royal Institution*, em Londres, que sua teoria atômica lhe veio a partir da lei das pressões parciais. A independência de um gás em relação a outro seria devida aos diferentes tamanhos das partículas que os constituíam. Mais tarde também lhe ocorreu a idéia de que seus pesos também seriam diferentes.

É sintomático da variedade dos interesses de Dalton que, no mesmo ano de 1801 em que produziu suas memórias sobre os gases, ele também publicaria seus *Elementos de Gramática Inglesa*. Esse interesse por assuntos de natureza variada seria mantido ao longo de toda a sua vida.

A influência de Lavoisier e seu imaginário calórico, o fluido do calor, também foram consideráveis sobre



Versão elaborada dos símbolos criados por Dalton para os elementos e seus compostos.

Dalton. Ele descreveria uma partícula gasosa como *constituída por um átomo central de matéria sólida extremamente pequena, que está cercado por uma atmosfera de calor, de grande densidade nas proximidades do átomo, e rarefazendo-se gradualmente de acordo com alguma potência da distância*. Já que as partículas de diferentes gases não interagiam quimicamente, uma possível consequência era aquela que ele vislumbrou brilhantemente ao formular a lei das pressões parciais.

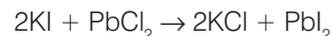
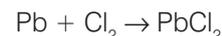
A preocupação em mostrar a validade de suas idéias a respeito da natureza dos gases que constituem a atmosfera levou Dalton a continuar sua pesquisa, enveredando pelo caminho da natureza da dissolução dos gases em água e do problema de determinar o peso relativo de diferentes gases em relação a outros. Aqui se encontra o germe de sua teoria atômica. Seus apontamentos de setembro de 1803 mostram pela primeira vez os símbolos atômicos, fórmulas atômicas e pesos relativos do que ele ainda chamava de "partículas últi-

mas". Como o vapor d'água tem densidade menor que o oxigênio, embora contenha oxigênio, ele rejeitou comparar os pesos relativos das partículas últimas com as densidades dos gases. A partir daí decidiu tentar obter os pesos relativos a partir das proporções em que essas partículas se combinam. Surgiram então relações simples como as seguintes: o carbono se une ao oxigênio para formar o monóxido de carbono na proporção de 3 para 4 em peso, ao passo que na formação do dióxido de carbono a proporção é de 3 para 8. Considerações dessa natureza levaram a mais uma lei fundamental, a das proporções múltiplas: *em compostos diferentes formados pelos mesmos elementos, há uma razão simples entre o peso fixo de um elemento e os pesos variáveis do outro*.

Na verdade, pode-se ler nos apontamentos de laboratório de Dalton que, em 1803, de forma explícita ou implícita, ele já sustentava os seguintes princípios:

- a matéria é constituída por partículas últimas ou átomos;

- os átomos são indivisíveis e não podem ser criados nem destruídos (*Princípio de Conservação da Matéria* - Lavoisier);
- todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos e apresentam o mesmo peso;
- átomos de elementos diferentes têm pesos diferentes;
- os compostos são formados por um número fixo de átomos de seus elementos constituintes (*Lei das Proporções Fixas* - Proust);
- se existir mais de um composto formado por dois elementos diferentes, os números dos átomos de cada elemento nos compostos guardam entre si uma razão de números inteiros (*Lei das Proporções Múltiplas* - Dalton) - podemos aplicar este princípio em muitos exemplos, como nos óxidos de ferro, FeO, Fe₂O₃ e Fe₃O₄;
- o peso¹ do átomo de um elemento é constante em seus compostos - se *a* reagir com *b* para formar *ab* e *c* reagir com *d* para formar *cd*, então se *ab* reagir com *cd* os produtos serão *ad* e *cb* (*Lei das Proporções Recíprocas* - Richter). Como exemplo, podemos considerar as seguintes reações, dadas, em notação moderna, por:



Estava preparado o terreno para a explicitação da Teoria Atômica.

A Teoria Atômica

A primeira comunicação oral de Dalton a respeito de sua teoria foi lida por ele na Sociedade Literária e Filosófica de Manchester em 21 de outubro de 1803. Sua publicação deveu-se inicialmente a seu amigo Thomas Thomson (1773-1852) que, após ouvi-la do autor em 1804, decidiu apresentá-la, com o devido crédito, em seu livro *System of Chemistry*, publicado em 1807. Thomson, em sua detalhada descrição da teoria de Dalton, usa

a palavra *átomo* e também os símbolos inventados por ele para representar os átomos de sua teoria. Esta veio a ser publicada pelo próprio Dalton em sua obra principal, saída à luz a partir de 1808, o *New System of Chemical Philosophy*. As três partes do livro foram publicadas, respectivamente, em 1808, 1810 e 1827. Dalton ousou onde Lavoisier não tinha sequer especulado. Ele correlacionou os pesos relativos das unidades fundamentais dos elementos químicos com as combinações que estes apresentavam em seus compostos, considerando que todas as partículas de hidrogênio, de oxigênio etc. existentes em qualquer composto desses elementos seriam iguais em peso, tamanho ou forma; da mesma maneira, qualquer partícula de água seria igual a qualquer outra partícula de água. As partículas constituintes das substâncias simples, contendo apenas um tipo de elemento, foram chamadas de “partículas últimas”, e são os nossos átomos.

No livro *Novo Sistema*, ele assim raciocinou para demonstrar que ga-

ses diferentes não podem ter partículas de mesmo tamanho:

Se medidas iguais dos gases azótico (nitrogênio) e oxigenoso (oxigênio) fossem misturadas, e pudessem rapidamente unir-se quimicamente, seriam formadas cerca de duas medidas de gás nitroso (óxido nítrico), pesando o mesmo que as duas medidas originais; mas o número de partículas últimas só poderia ser no máximo a metade daquele que existia antes da união. Diferentes fluidos elásticos (gases) não têm, portanto, o mesmo número de partículas, seja no mesmo volume, seja no mesmo peso.

A afirmação final de Dalton não é verdadeira, a nossos olhos modernos, uma vez que ela se choca com a hipótese de Avogadro, que apareceria em 1811, a qual afirma que “volumes iguais de gases diferentes contêm o mesmo número de moléculas”.

Sua primeira “tabela de pesos

relativos das partículas últimas dos corpos gasosos e outros”, de 1803, está reproduzida na Tabela 1. Esta ainda era muito primitiva, refletindo a falta de acurácia das determinações de então. No *New System of Chemical Philosophy* ele apresenta uma nova tabela, bastante expandida e aperfeiçoada, que dá conta dos pesos relativos de substâncias simples e compostas. As unidades fundamentais dessas substâncias são todas denominadas *átomos*, uma vez que o conceito de molécula, como o conhecemos, ainda não existia. Dalton mostrou também como os diferentes átomos se combinavam para formar as substâncias compostas, usando seu complicado sistema de notação. Este viria mais tarde a ser suplantado pelo sistema do químico sueco Jons Jakob Berzelius (1779-1848), que usamos até hoje, no qual o símbolo de um elemento é dado pela inicial ou por uma combinação desta mais uma outra letra do nome latinizado do elemento.

A Teoria Atômica, porém, não teve uma aceitação pronta e universal; muito pelo contrário. Apesar do apoio de químicos eminentes como Berzelius, muitos outros cientistas de renome relutaram em aceitá-la. A determinação experimental dos pesos atômicos permaneceu precária por muito tempo, e a confusão que frequentemente se fazia entre átomos e moléculas ajudou a manter a incerteza. Por isso, durante a maior parte do século XIX preferiu-se trabalhar com o conceito de peso equivalente das espécies químicas, no lugar de peso atômico ou molecular. Só nas últimas décadas dos oitocentos é que a situação começaria a esclarecer-se e a teoria atômica de Dalton passaria a ocupar pouco a pouco o lugar de proeminência que ela goza na Química. A história da aceitação da Teoria Atômica é interessantíssima, mas bastante longa para ser discutida aqui. Seria necessário um outro artigo para tratar desse processo.

Considerações finais

Por seus trabalhos, que lhe renderam muita fama e honrarias, Dalton foi feito em 1816 membro correspon-

Tabela 1: Os pesos atômicos segundo Dalton: primeira tabela de pesos atômicos, apresentada oralmente por Dalton em 1803 e publicada como artigo nas *Memoirs of the Philosophical Society of Manchester* (2nd series, v. 1, p. 271-287, 1805). O padrão é o átomo de hidrogênio, cujo peso atômico foi considerado unitário. A coluna da direita apresenta parte de sua segunda tabela, publicada no livro *A New System of Chemical Philosophy*, em 1808.

Espécie química	Pesos atômicos (sic)	
	1805	1808
Hidrogênio	1	1
Azoto	4,2	5
Carbono	4,3	5
Amônia	5,2	6
Oxigênio	5,5	7
Água	6,5	8
Fósforo	7,2	9
Hidrogênio fosforetado (PH ₃)	8,2	-
Gás nitroso (NO)	9,3	12
Éter	9,6	-
Óxido gasoso de carbono (CO)	9,8	12
Óxido nitroso (N ₂ O)	13,7	17
Enxofre	14,4	13
Ácido nítrico (NO ₂)	15,2	19
Hidrogênio sulfuretado (H ₂ S)	15,4	16
Ácido carbônico (CO ₂)	15,3	19
Álcool	15,1	16
Ácido sulfuroso (SO ₂)	19,9	-
Ácido sulfúrico (SO ₃)	25,4	34
Hidrogênio carburetado da água estagnada (CH ₄)	6,3	7
Gás olefiante (C ₂ H ₄)	5,3	6

O leitor é convidado a analisar os pesos atômicos acima, quando se tratar de compostos, e examinar as fórmulas moleculares atribuídas por Dalton. A água, por exemplo, tinha a fórmula HO.

dente do *Institut de France* e, em 1830, sucedeu a Humphry Davy (1778-1829) como um dos oito associados estrangeiros daquele instituto. Foi também eleito, em 1822, membro da *Royal Society*, a Academia das Ciências da Grã-Bretanha, e quatro anos depois recebeu sua Medalha Real.

Dalton sempre gozou de ótima saúde até próximo dos setenta anos; a partir daí sua condição deteriorou gradativamente até sua morte em 1844. Ele manteve até o fim da vida sua rotina metódica de pesquisador incansável. Com o tempo veio a tornar-se uma celebridade em toda a Europa, morrendo coberto de honras em seu país e no estrangeiro.

Dalton estudou e escreveu sobre assuntos os mais variados, tendo

publicado cerca de 150 comunicações, desde a cegueira às cores, que ele descobriu em si próprio em 1792, e que conhecemos pelo nome de daltonismo, até sua principal contribuição à Ciência, uma teoria atômica operacional, que veio a ser um dos esteios da Química. Sua teoria atômica diferia de tantas outras, de natureza especulativa, enunciadas anteriormente desde os gregos, porque permitia a realização de cálculos quantitativos baseados em dados experimentais coligidos em laboratório. A teoria atômica de Dalton é um dos marcos fundamentais da Química do século XIX. Ao contrário das cogitações abstratas de tantas outras teorias sobre a constituição da matéria, a sua se originou de uma combinação de intuição teórica e observações de

laboratório, sendo respaldada diretamente por seus estudos sobre os gases. A obtenção de resultados confiáveis nas determinações de pesos atômicos levou muitas décadas. Com pesos atômicos confiáveis e o esclarecimento definitivo da diferença entre átomos e moléculas, a teoria passou a ter aceitação universal e tornou-se um dos alicerces da Química.

Nota

1. Neste artigo, optou-se por usar a expressão “peso” em vez de “massa”, sendo-se fiel ao uso da época.

Carlos Alberto L. Filgueiras (calf@iq.ufrj.br), engenheiro químico pela Universidade Federal de Minas Gerais e doutor em Química pela Universidade de Maryland (EUA), é docente do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi presidente da SBQ no biênio 1990-1992.

Referências bibliográficas

CROSLAND, M.P. *Historical studies in the language of chemistry*. Nova Iorque: Dover, 1978.

DALTON, J. *A new system of chemical philosophy*. Part I, Manchester, 1808; Part II, Manchester, 1810; Part First of Vol. II, Manchester, 1827.

LEICESTER, H.M. e KLICKSTEIN, H.S. *A sourcebook in chemistry 1400-1900*. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1952.

PARTINGTON, J.R. *A history of chemistry*. Ed. reimpressa. Nova Iorque: St. Martin's Press, 2000. v. 3.

PARTINGTON, J.R. The origins of the atomic theory. *Annals of Science*, v. 4, p.

245-282, 1939.

PULLMAN, B. *The atom in the history of human thought*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

TOULMIN, S. e GOODFIELD, J. *The architecture of matter*. Chicago: The University of Chicago Press, 1982.

Para saber mais

BENSAUDE-VINCENT, B. e STENGERS, I. *História da Química*. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.

BROCK, W.H. *The Norton history of chemistry*. Nova Iorque: W. W. Norton, 1993.

IHDE, A.J. *The development of modern chemistry*. Nova Iorque: Harper & Row, 1970.

HUDSON, J. *The history of chemistry*. Londres: MacMillan, 1992.

HARTLEY, H. *Studies in the history of chemistry*. Oxford: Clarendon Press, 1971.

FERREIRA, R. Notas sobre as origens da teoria atômica de Dalton. *Quim. Nova*, v. 10, p. 204-207, 1987.

MORTIMER, E.F. Para além das fronteiras da Química: Relações entre Filosofia, Psicologia e Ensino de Química. *Quim. Nova*, v. 20, p. 200-207, 1997.

CHAGAS, A.P. Os noventa anos de Les Atomes. *Quim. Nova na Escola*, n. 17, p. 36-38, 2003.

Abstract: *Two Hundred Years of Dalton's Atomic Theory* - Dalton's Atomic Theory, one of the landmarks of chemistry in the 19th century, was developed and published along the first decade of that century. It gave an operational format, amenable to use in experimental determinations, to one of humankind's oldest quests, an explanation of the constitution of matter. With Dalton all purely abstract speculation that pervaded the theme since classical antiquity ceases. In its place emerges a theory that unites theoretical concepts with the possibility of their practical application. For this reason the present article briefly reviews aspects of the philosophical theories that preceded the daltonian elaboration and aims at showing the chain of thought that led to the appearance of the work of the English chemist.

Keywords: origin of the atomic theory, Dalton, bicentennial of the atomic theory

Nota

Elemento 111: Roentgênio



No dia 1º de novembro de 2004, o elemento 111, descoberto em dezembro de 1994 por pesquisadores do GSI - Centro de Pesquisas sobre Íons Pesados, em Darmstadt, Alemanha (vide *QNEsc* n. 5, p. 12, 1997), foi oficialmente nomeado pela IUPAC como *roentgênio* (símbolo Rg).

A descoberta deste elemento foi confirmada, em 2003, por um grupo de trabalho conjunto da IUPAC e da

IUPAP (União Internacional de Física Pura e Aplicada). A seguir, os descobridores do elemento propuseram à IUPAC o nome roentgênio e o símbolo Rg, seguindo a tradição de nomear elementos em homenagem a cientistas famosos. Wilhelm Conrad Roentgen descobriu os raios X em 8 de novembro de 1895, um novo tipo de radiação ao qual ele deu esse nome dada a sua natureza incerta (vide *QNEsc* n. 2, p. 19-22, 1995). Imediatamente, os raios X passaram a ser usados em Medicina e encontraram muitas

aplicações tecnológicas, anunciando a era da Física Moderna, baseada em propriedades atômicas e moleculares. Em 1901, somente seis anos após sua descoberta, os benefícios dos raios X à humanidade já eram tão evidentes que Roentgen foi laureado com o Prêmio Nobel de Física. O elemento 111 foi sintetizado exatamente 100 anos depois da descoberta de Roentgen.

Para mais informações: www.iupac.org/news/archives/2004/naming111.html.

(R.C.R.F.)