

Bases da teoria atômica *

Maria Constança B. Providência ^a

"A ciência é uma aventura de toda a raça humana para aprender a viver e talvez a amar o universo onde se encontra. Ser uma parte dele é compreender, é conhecer-se a si próprio, é começar a sentir que existe dentro do homem uma capacidade muito superior à que ele pensava ter e uma quantidade infinita de possibilidades humanas.

Proponho que a ciência seja ensinada a qualquer nível, do mais baixo ao mais alto, de um modo humanístico. Deve ser ensinada com uma compreensão histórica, com um entendimento filosófico, com um entendimento social e humano, no sentido da biografia, da natureza das pessoas que fizeram a sua construção dos triunfos, das tentativas e das tribulações."

I. I. Rabi
Prémio Nobel da Física

A — Introdução

1 — Diversos autores têm-se debruçado sobre as características de que deve revestir o ensino das ciências físico-químicas ao nível das escolas secundárias. Verifica-se que nem sempre este ensino é satisfatório. As possíveis causas, algumas das quais apontarei adiante, são múltiplas.

2 — Por vezes, a ciência era apresentada ao nível do ensino secundário como uma construção abstracta do espírito, desligada da realidade experimental, cuja justificação era exclusivamente a sua coesão lógica intrínseca. Ora esta concepção é profundamente errada pois as formulações teóricas devem estar estreitamente ligadas às respectivas fontes experimentais. Além disso este método pedagógico, que visava apenas preparar o aluno para dar respostas a certos tipos de perguntas mais ou menos standardizadas, era árido e não era educativo, visto que não estimulava o desenvolvimento das capacidades de imaginação e o espírito crítico.

3 — Explorando de uma maneira sensata a interligação entre a experiência e a teoria, penso que o ensino de uma ciência poderá não ser só mais educativo, propiciando o desenvolvimento das capacidades do aluno, como também será menos árido e mais aliciente e atraente.

4 — De acordo com a filosofia do Projecto Nuffield a elaboração dos currículos científicos e até dos próprios conteúdos deve ter em conta dois factores importantes: a) Um grande número de alunos não continuará os seus estudos depois do 9.º ou 11.º anos de escolaridade, pelo que as matérias do curso devem ser seleccionadas de modo a constituírem um conjunto tanto quanto possível completo, harmonioso e formativo, susceptível de fornecer uma cultura geral satisfatória.

b) Deve também atender-se aos interesses dos alunos que vão optar por química industrial, metalurgia, engenharia ou estudos académicos mais avançados, porque, para esta importante minoria, o curso deve também

servir como uma adequada base para trabalho futuro, seja qual for a sua natureza.

5 — O progresso tecnológico hoje em dia torna necessário elevar o nível do ensino da ciência.

6 — Os alunos devem adquirir uma compreensão, que dure para toda a vida, do que significa analisar um problema cientificamente e devem aperceber-se do que significa ser cientista, do que os cientistas estão a fazer e podem fazer. Isto tem pouco a ver com conservar na memória, por um tempo mais ou menos longo, a informação ditada ou lida, estática, sem vida. Por isso a ciência deve ser apresentada como um caminho que permite conduzir uma investigação sobre a natureza das coisas e como um corpo de informação construída pelas investigações de outras pessoas. O ensino deve ser orientado através de experiências planeadas para despertar o espírito de investigação. Devem ser proporcionadas oportunidades aos estudantes para observar e explorar por si próprios os fenómenos estudados de modo a desenvolverem um pensamento imaginativo e disciplinado e a tomarem consciência da parte importante que a ciência desempenha na vida moderna.

7 — Os estudantes devem aprender a distinguir entre os fenómenos observados e as explicações apresentadas pelo pensamento criativo do homem e a aperceber-se que a interdependência entre estes dois aspectos complementares está na origem de todo o progresso científico. Os alunos deviam ter oportunidade de tomarem consciência desta inter-relação por experiência própria. Desde o princípio devem ser encorajados a pensar com imaginação acerca dos problemas que confrontam e a sugerir novas experiências e explicações. É da maior importância que a sala de aula ofereça oportunidades para experimentação e observação.

8 — Julgo poder afirmar que os princípios pedagógicos propostos sucintamente nos parágrafos anteriores são geralmente aceites, não oferecendo contestação. Referi-os porque reconheço a sua relevância, mas não é deles que vou ocupar-me predominantemente neste trabalho. Defendo, sim, a necessidade de alargar o espectro das técnicas utilizadas na transmissão dos conhecimentos científicos. Entendo que este processo de transmissão dos conhecimentos se não esgota ao nível das faculdades intelectuais. Com efeito, a eficiência pedagógica exige o recurso a técnicas que, para além de não violentarem a razão, tirem partido de todos os aspectos capazes de despertarem a curiosidade e de atraírem a atenção. Tudo aquilo que causa aversão não é susceptível de ser conhecido e compreendido, isto é, aceite in-

* Trabalho apresentado durante o Estágio Pedagógico de 1983/84.

^a Ladeira das Alpenduradas, 38, Coimbra.

telectualmente. Para aprender os princípios de uma ciência é indispensável começar por gostar dessa ciência. É lamentável que a aventura do espírito humano que é a descoberta científica, por mais empolgante que seja, surja frequentemente apresentada de forma árida que completamente neutraliza a possibilidade de despertar o mais ténue simulacro de emoção. É essencial desenvolver materiais que auxiliem os professores a apresentar a ciência de uma forma viva, interessante e compreensível, como por exemplo folhetos educacionais, questionários, painéis, teatro, filmes, gravações, etc. Pretendo que o trabalho apresentado na secção E sob a forma de um folheto educacional possa contribuir para a resolução do problema equacionado.

B — Objectivos do presente trabalho

- 1 — Objectivos gerais
 - investigar um problema de educação em Química
 - escolher técnicas para a solução do problema de educação em Química
 - aplicar as técnicas escolhidas
- 2 — Objectivos específicos
 - apresentar os conceitos básicos relativos à Teoria Atómica
 - identificar algumas das principais dificuldades dos alunos, na aprendizagem das bases da Teoria Atómica
 - sensibilizar para a importância do método experimental
 - propor métodos para facilitar a apreensão dos conceitos
 - realçar a interdependência da actividade experimental e teórica de alguns dos primeiros químicos de modo a estimular o gosto pela ciência

C — Método

Os métodos pedagógicos clássicos não parecem adequados a propiciarem a apreensão de conceitos mais abstractos e estranhos à experiência do dia a dia por não explorarem plenamente as técnicas existentes para despertar o interesse e cativar a atenção. É desejável recorrer a métodos pedagógicos novos que permitam ao aluno viver, e em certa medida experimentar, a participação nos acontecimentos emocionantes que acompanham as descobertas científicas e o progresso resultante das contradições entre as observações experimentais e as consequências lógicas das formulações teóricas aceites. O recurso ao relato de factos históricos é um expediente útil para o fim em vista. Assim, importa que não só sejam mencionados os nomes dos cientistas que contribuíram preponderantemente para o desenvolvimento de uma ciência como também que sejam apresentados episódios da vida desses cientistas relacionados com o avanço dos conhecimentos e que sejam referidas as etapas mais significativas do seu trabalho de investigação. Penso que a abordagem histórica de qualquer assunto científico é de grande interesse pedagógico por várias razões:

— Introduz o aluno no método científico. Este apercebe-se que todas as teorias não são simples afirmações lógicas, mas que estão alicerçadas em inúmeras observações e dados experimentais, sendo necessário um salto intelectual daqui para a teoria.

— Retira a aridez que por vezes cai sobre as diferentes teorias científicas e confere-lhes um carácter humano,

isto é, com base em algo palpável ligado à vida dos seres humanos, com êxitos e fracassos.

— Introduz as leis pelo método indutivo (seguido pelos cientistas ao longo dos tempos) levando os alunos a ter um papel activo e não passivo.

Encontramos frequentemente jovens que sabem de cor os nomes de todos os jogadores das principais equipas de futebol. Este milagre da memória é facilmente explicado pelo facto de esses jovens viverem intensamente o desenrolar das lides desportivas. Quando formos capazes de lhes proporcionarmos também a sensação de estarem a participar, ou pelo menos a presenciar o desenrolar das lides científicas, conseguiremos certamente um assinalável progresso pedagógico. Pretendo que este trabalho seja um contributo para a resolução do problema exposto.

O recurso a um folheto educacional ou a uma dramatização teatral surge naturalmente, como auxiliar pedagógico apropriado ao objectivo pretendido. Embora a dramatização seja possivelmente mais motivadora, recorri ao folheto educacional porque neste os diálogos entre as personagens podem ser suplementados pelas respectivas biografias e por explicações que ajudem a clarificar o texto.

Além disso, o folheto, destinado aos alunos do 8.º ao 11.º anos de escolaridade, tem as características de história ilustrada que pode ser lida em casa, com economia de tempo lectivo, e comentada depois na aula, onde serve de tema de reflexão.

Eventualmente este folheto poderá ser facilmente adaptado a uma dramatização teatral.

“Isto é de facto um mistério”, (observou Watson) “O que pensa que isto quer dizer?” “Eu não tenho ainda dados. É um erro crasso teorizar enquanto se não têm dados. Sem dar por isso torcem-se os factos para os adaptar às teorias, em vez de adaptar as teorias aos factos.”

“Sherlock Holmes”, A. Connan Doyle

D — Bases da Teoria Atómica

1 — Proponho-me apresentar, numa perspectiva histórica e de forma adequada aos níveis etários do 8.º ao 11.º anos de escolaridade, a Teoria Atómica.

Este tema foi escolhido por constituir um dos principais fundamentos da Química Moderna e servir para ilustrar de forma exemplar a interligação do desenvolvimento teórico e do correspondente progresso experimental. A partir de factos concretos da História da Química vou procurar sensibilizar o aluno para o facto de em ciência, as formulações teóricas assentarem numa base experimental adequada e estarem na origem de novas experiências cujos resultados ou constituem confirmação, ou conduzem ao aperfeiçoamento ou até rejeição das teorias iniciais.

2 — Passo a resumir as bases da Teoria Atómica.

a) Muitos filósofos tinham-se debruçado sobre a natureza da matéria e os Gregos discutiram mesmo se a matéria seria infinitamente divisível, ou seria feita de um grande número de pequenas partículas que já não podiam ser divididas a partir de certa altura. A teoria que defende a existência de partículas esteve especialmente na moda entre os anos 430 e 280 a.C. Os seus adeptos chamaram-se atomistas sendo os mais famosos Leucipo, Demócrito e mais tarde Epicuro. Às partículas cuja existência foi postulada por estes filósofos chamamos átomos (átomo, em grego significa indivisível). O poeta romano Lucrécio, que viveu talvez entre os

anos 98 e 55 a.C., admirador de Demócrito, no seu poema "De Rerum Natura", trabalho esse que não pode ser considerado primariamente como um texto de ciência, defende a existência de átomos invocando explicitamente a experiência do dia a dia, para mostrar que a Natureza recorre frequentemente a agentes invisíveis para efectuar as suas obras e que, portanto, os átomos podem existir apesar de invisíveis. Diz Lucrécio no seu poema:

"Se estenderes as tuas roupas na margem onde as ondas vêm bater, verás como ficam húmidas; se as pendurares ao sol, ficarão secas. Entretanto ninguém vê como é que a água entrou nelas nem como saiu delas, e isso só foi possível desde que a água se tivesse dividido em partículas que os nossos olhos não distinguem de maneira nenhuma. O anel que trazemos no dedo vai-se, com o tempo, adelgaçando pelo lado de dentro... E que partículas são estas que se perdem constantemente?... É assim por intermédio de corpos invisíveis, que a Natureza realiza a sua obra."

É claro que, para Lucrécio, a água que se evapora e os objectos que se gastam com o uso constituem evidência da estrutura corpuscular da matéria.

b) Robert Boyle (1627-1691) considera que a sua Lei da Variação do Volume dos Gases com a Pressão, verificada experimentalmente, constitui prova da existência de átomos separados por intervalos que se tornam maiores ou menores consoante os valores da pressão.

c) Robert Boyle, entre outros, contribui experimentalmente para a noção de substância elementar (para ele "elemento") e de composto. Para este cientista uma substância é um "elemento" se não pode ser decomposta quimicamente.

d) John Dalton (1760-1844) constata experimentalmente que nos compostos diferentes, formados pelos mesmos elementos, há uma relação numérica simples entre as massas diferentes dum desses elementos que se combinam com uma mesma massa do outro elemento. Por exemplo, Dalton verificou que no metano e no etileno a proporção de hidrogénio para carbono é, no primeiro composto, dupla da do segundo, o que sugere claramente a existência de unidades elementares constituintes da matéria.

3 — A formulação teórica construída por Dalton para interpretar os resultados dos seus trabalhos experimentais é a seguinte:

- A matéria é constituída por átomos indivisíveis.
- Os átomos são imutáveis.
- Os compostos são constituídos por moléculas ("átomos compostos").
- Os átomos ou as moléculas em cada substância pura são idênticos.
- Os átomos de elementos diferentes possuem massas diferentes e os do mesmo elemento a mesma massa.
- Nas reacções químicas os átomos apenas se reorganizam, não se criam nem se destroem.

4 — A importância da teoria de Dalton é evidenciada pela abundância de consequências científicas de relevo, tais como:

- Capacidade de sistematizar factos e leis conhecidas — por exemplo: harmonizar a Lei das Proporções Definidas de Proust com a Lei da Conservação da Massa de Lavoisier.
- Esquema conceptual maneável — a própria Lei das Proporções Múltiplas que sugere a introdução de fórmulas químicas.
- Capacidade de sugerir novas relações e estimular novas investigações — determinação de massas atómicas.

5 — A Teoria de Dalton confrontada com novos resultados experimentais.

Gay-Lussac (1778-1850) efectuou uma série de experiências de grande interesse, verificando, por exemplo, que um volume de oxigénio se combina com dois volumes de hidrogénio para formar dois volumes de vapor de água; um volume de azoto reage com um volume de oxigénio para formar dois volumes de óxido de azoto, etc. Após ter efectuado outras medidas experimentais análogas, Gay-Lussac encontrou que, na reacção-entre gases à mesma temperatura e pressão, os volumes dos gases estavam sempre numa relação de números inteiros — isto é, um, dois ou três, etc. volumes de gases mas nunca fracções.

Da mesma maneira que a teoria científica nos ajuda a descobrir regularidades insuspeitas dos fenómenos naturais, os preconceitos podem ter o efeito oposto — ocultam a realidade. Assim Dalton recusou-se a atribuir significado aos resultados de Gay-Lussac relativos à combinação de oxigénio e hidrogénio, por não se enquadrarem no seu esquema teórico sendo induzido em erro, apesar da sua intuição genial. É que se se admitir que volumes iguais de gases (à mesma pressão e temperatura) contêm o mesmo número de partículas, os resultados de Gay-Lussac significam que átomos de hidrogénio se combinam com átomos de oxigénio (sendo o número dos primeiros duplo do dos segundos) para formarem tantas moléculas de água quantos os átomos de hidrogénio disponíveis, mas, então, os átomos de oxigénio teriam de se dividir, o que era contrário à hipótese de indivisibilidade dos átomos.

6 — A ciência progride quando se conciliam resultados experimentais aparentemente contraditórios no contexto da teoria ou teorias existentes.

Avogadro (1776-1856) sugeriu que as substâncias elementares não são em geral formadas por átomos livres mas por agregados de pequenos números de átomos chamados moléculas e defendeu que volumes iguais de gases, à mesma pressão e temperatura, contêm números iguais de moléculas (e não de átomos como se pensava previamente). Conseguiu assim harmonizar a Lei das Proporções Múltiplas de Dalton com a Lei da Combinação de Volumes de Gay-Lussac, abrindo deste modo caminho para avanços da máxima importância tais como a determinação rigorosa de massas atómicas e o estabelecimento definitivo de fórmulas químicas.

E — Folheto Educacional



BASES DA TEORIA ATÓMICA



Hoje todos sabemos que a matéria é constituída por átomos.

Qual é a história misteriosa e fascinante que a palavra átomo encerra? Quem se terá lembrado, e porquê, de dizer que a matéria é constituída por átomos?

Esta palavra provém do vocábulo grego "átomos" que significa indivisível. Por volta do ano 500 a.C. os filósofos gregos discutiam se seria possível dividir a matéria indefinidamente ou, se este processo teria necessariamente um fim quando se chegasse a uma partícula última que não pudesse ser dividida. Esta discussão prolongou-se durante séculos devido a não ser possível apresentar argumentos conclusivos a favor ou contra a hipótese atomística por esta se repôr a partículas extremamente pequenas e inacessíveis aos sentidos.

LUCRECIO

Poeta e filósofo romano. Viveu de 98 a 55 a.C..

Escreveu o poema "De rerum natura" no qual retoma as ideias de Demócrito relativas à estrutura atomística da matéria.

Enfimaste, ó Demócrito, que a matéria é formada por átomos. Como estes são invisíveis, os visensatos não acreditam na sua existência. Esqueçam-se, no entanto, que a Natureza recorre frequentemente a agentes invisíveis para efectuar as suas obras. Se estenderes as tuas roupas na margem onde as ondas vêm bater, verás como ficam húmidas. Se as pendurares ao sol, ficarão secas. Ninguém vê como é que a água entrou nelas nem como é que saiu delas. Porém, isso só foi possível porque a água se dividiu em partículas que os nossos olhos não enxergam. Estou, portanto plenamente de acordo contigo!

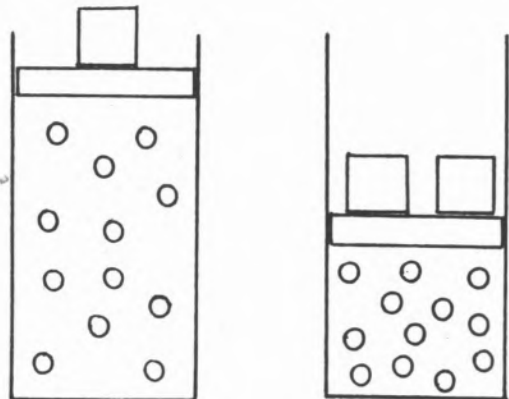


DEMOCRITO

Filósofo grego, discípulo de Leucipo. Viveu de 460 a 370 a.C..

Defendeu que a matéria é constituída por partículas indivisíveis.

A matéria não pode ser dividida indefinidamente pois é constituída por pequenas partículas indivisíveis e indivisíveis, os átomos, que, sem conta, se agitam no espaço vazio e se combinam para formarem o universo, as plantas, os animais e os seres humanos. Assim, por exemplo, quando uma árvore nasce, estes átomos, em números cada vez maiores, vão-se combinando entre si para formarem essa árvore. E quando a árvore morre e se decompõe, os átomos não são destruídos, mas combinam-se novamente para formarem outras coisas.



Esquema de interpretação atomística da variação do volume de um gás com a pressão

ROBERT BOYLE

Químico e físico irlandês. Viveu de 1627 a 1691. Estudou a compressão e a expansão do ar e de outros gases.

Observou que o volume de um gás a temperatura constante varia inversamente com a pressão.

Insistiu na importância de fundamentar experimentalmente as teorias científicas.

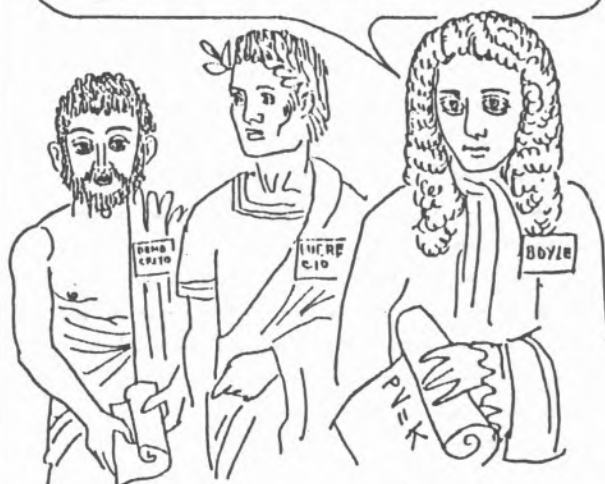
Meus amigos, os vossos argumentos não convêm com! Não são insensatos os que os rejeitam! Provas seguras são só aquelas que se baseiam em factos indiscutíveis da experiência.

Notaram já que qualquer gás pode ser forçado a ocupar um volume menor, aumentando então a sua pressão na razão em que o volume decresce? Este facto, sim, poderá ser uma prova clara da existência de átomos reparados por intervalos, os quais, retornam maiores ou menores consoante os valores da pressão.



Aproveito para vos transmitir algo mais. Quais são os "elementos" da Natureza? Serão o fogo, o ar, a água e a terra como alguns pensam? É muito simples a resposta. "Elementos" não são essas substâncias, mas todas aquelas que por processos físicos e químicos se não decompõem noutras.

Quando os "elementos" se combinam entre si formam compostos.



Meus ilustres predecessores: Deixo revelar-vos uma importante descoberta que fiz, estudando diversos compostos formados pelos mesmos elementos. Verifiquei precisamente que estão se combinam segundo proporções múltiplas simples, isto é, verifiquei que existem relações numéricas pequenas entre os diferentes pesos de um desses elementos que se combinam com a mesma massa do outro elemento. Esta propriedade constitui a prova mais clara que conheço da existência dos átomos. Como, de outro modo, se poderia compreender que a proporção de hidrogénio para carbono fosse, no metano, precisamente o dobro da correspondente proporção

JOHN DALTON

Mestre escola e químico inglês. Viveu de 1760 a 1844.

Propôs em 1803 a Teoria Atômica a qual constituiu o fundamento da química moderna.

Deduziu da sua teoria a Lei das Proporções Múltiplas e fórmulas químicas mostrando a composição das moléculas.

Apresentou a primeira tabela de massas atômicas.



no etileno? Há apenas, uma explicação para este facto. O "átomo composto" (que mais tarde se designará molécula) de metano é constituído por dois átomos de hidrogénio e um átomo de carbono, enquanto que o "átomo composto" de etileno é constituído por um átomo de hidrogénio e um átomo de carbono.

Resumidamente posso afirmar-vos o seguinte:

- 1 - A matéria é constituída por átomos indivisíveis.
- 2 - Os átomos dum elemento são idênticos e possuem a mesma massa.
- 3 - Os átomos de elementos distintos possuem massas diferentes.
- 4 - As reacções químicas entre substâncias elementares para formarem compostos podem ser explicadas pela combinação de átomos.



formarem compostos podem ser explicadas pela combinação de átomos.

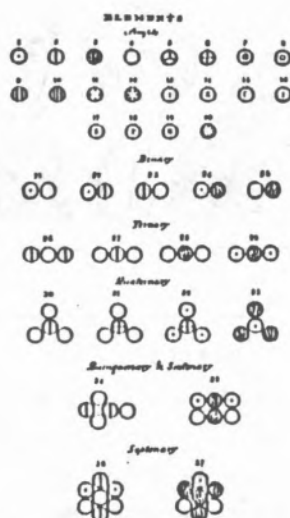
5 - Nas reacções químicas, os átomos não se criam nem se destroem apenas se agrupam de maneiras diferentes.

ELEMENTS	
 Hydrogen 1	 Strontian 86
 Azote 5	 Barytes 68
 Carbon 5	 Iron 56
 Oxygen 7	 Zinc 65
 Phosphorus 9	 Copper 59
 Sulphur 16	 Lead 207
 Magnesia 24	 Silver 197
 Lime 28	 Gold 197
 Soda 23	 Platina 197
 Potash 39	 Mercury 167

Lista dos "elementos químicos" segundo Dalton. Alguns destes não são efectivamente elementos.

Os números indicados a seguir aos nomes dos "elementos" representam o cálculo das respectivas massas atómicas em relação ao hidrogénio.

Posteriormente a simbologia de Dalton foi substituída pelo sistema de letras proposto por BERZELIUS em 1814. Por exemplo, oxigénio - O, hidrogénio - H.



Símbolos de Dalton para os "átomos simples" e "átomos compostos", extraídos da sua obra, "A New System of Chemical Philosophy", Part I.

Escreveu Dalton, "Esta gravura contém os símbolos arbitrários ou sinais escolhidos para representar os diversos "elementos químicos" ou partículas últimas"



JOHN DALTON 1766-1844

As contribuições fundamentais de Dalton para a Química foram a ideia que os átomos de elementos diferentes têm massas distintas e a concepção de que as reacções químicas ocorrem através da combinação dos átomos.

Dejo comunicar-vos os resultados curiosíssimos de algumas observações que tenho vindo a fazer. Efectivamente, constatei que nas reacções entre gases à mesma temperatura e pressão, os volumes dos gases estão sempre numa relação de números inteiros simples. Com efeito, verifiquei, cuidadosamente, que um volume de oxigénio se combina com dois volumes de hidrogénio para formarem dois volumes de água, e que um volume de azoto se combina com um volume de oxigénio para formarem dois volumes de óxido de azoto. Realizei ainda, além destas, muitas outras experiências que confirmam a lei que enunciarei.



Gay-Lussac, seria necessário que cada um dos átomos de oxigénio se dividisse ao meio e que meio átomo de oxigénio se combinasse com um átomo de hidrogénio para formarem um "átomo composto" de água. Porém, os átomos de oxigénio não podem dividir-se. Visto que os átomos são indivisíveis, não há alternativa: o "átomo composto" de água resulta da combinação de um átomo de oxigénio com um átomo de hidrogénio.

As suas afirmações, Senhor Gay-Lussac, são portanto falsas.



JOSEPH-LOUIS GAY-LUSSAC

Químico e físico francês. Viveu de 1778 a 1850.

Descobriu a Lei que descreve a variação do volume dos gases com a temperatura.

Observou que no estado gasoso as substâncias elementares se combinam entre si para formarem compostos segundo relações volumétricas simples.

Senhor Gay-Lussac, parecem-me muito estranhos os seus resultados experimentais. Permitto-me questioná-los com base num argumento elementar. Como tive oportunidade de referir, verifiquei que os elementos se combinam segundo proporções múltiplas simples, quanto às massas. Por outro lado há quem admita que volumes iguais de gases contêm números iguais de partículas. Mas para que um volume de oxigénio se combinasse, com dois volumes de hidrogénio para formarem dois volumes de vapor de água, como afirma o Senhor



AMEDEO AVOGADRO

Químico e físico italiano. Viveu de 1776 a 1856.

Sugeriu que as substâncias elementares não existem necessariamente na forma de átomos simples mas como combinações de pequenos números de átomos denominadas moléculas e que em geral os gases são constituídos por moléculas formadas por mais dum átomo.

Afirmou que volumes iguais de gases nas mesmas condições de pressão e temperatura contêm igual número de moléculas. As suas ideias permitiram corrigir as fórmulas químicas propostas por Dalton.

Prezado Senhor Dalton, tenho o maior apreço pelo seu brilhante contributo para o avanço do conhecimento científico. No entanto, deo dizer-lhe que as suas ideias não estão inteiramente correctas. Aliás, o Senhor não tem o direito de ignorar factos que se apresentam com uma sólida base experimental, só porque estes se não adaptam ao seu esquema teórico, como é o caso das experiências do Senhor Gay-Lussac. O que é preciso é rever a sua teoria e adaptá-la aos factos da experiência.

Na verdade, volumes iguais de gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, contêm números iguais de moléculas, ou "átomos compostos" segundo a sua designação.



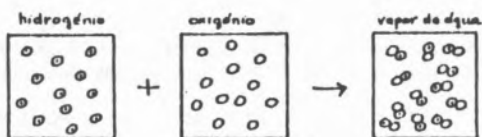
Tal é o caso do oxigénio e do hidrogénio, cujas moléculas são formadas por dois átomos podendo, portanto, dividir-se em duas partes iguais. Ao contrário do que o Senhor afirma, a molécula de água é constituída por dois átomos de hidrogénio e um de oxigénio, pois resulta da combinação de uma molécula de hidrogénio com meia molécula de oxigénio.

É assim que a sua lei das proporções múltiplas e a lei da combinação dos volumes do Senhor Gay-Lussac, não só não estão em contradição, mas até se harmonizam perfeitamente e se completam, permitindo a determinação rigorosa de massas atómicas e o estabelecimento de fórmulas químicas.



Podemos sintetizar do seguinte modo o diálogo entre Dalton, Gay-Lussac e Avogadro:

Dalton constatou que o oxigénio e o hidrogénio se combinam para produzir vapor de água e interpretou este facto admitindo que os "átomos compostos" do vapor de água resultam da combinação de um átomo de oxigénio com um átomo de hidrogénio.

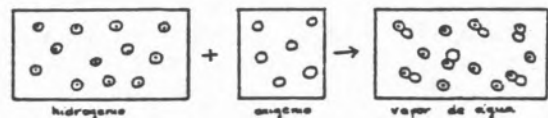


Esquema teórico imaginado por Dalton mas hoje abandonado

As observações de Gay-Lussac podem esquematizar-se do seguinte modo:

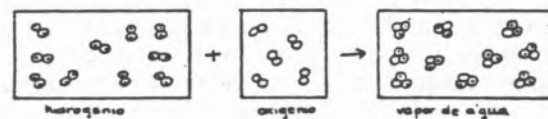


É flagrante a incompatibilidade entre este esquema e a concepção de Dalton, a qual conduziria ao esquema seguinte:



Em um volume de oxigénio não há átomos em número suficiente para se combinarem com os átomos de dois volumes de hidrogénio.

Avogadro resolve o dilema propondo o seguinte esquema.



Para Avogadro volumes iguais de gases contêm números iguais de moléculas, hipótese de Avogadro, e não de átomos, como se pensava, pois segundo este cientista, as substâncias elementares não são sempre formadas por átomos livres, mas por moléculas constituídas por pequenas números de átomos. Por exemplo, cada molécula de oxigénio é constituída por dois átomos, sucedendo o mesmo com cada molécula de hidrogénio. Assim se explica a formação de moléculas de água, cada uma constituída por um átomo de oxigénio e dois átomos de hidrogénio.

CONCLUSÃO

A hipótese de Avogadro estabelece a distinção entre átomos e moléculas, quer se trate de substâncias elementares quer de substâncias compostas. Esta hipótese permitiu resolver o dilema que se estabeleceu após as descobertas experimentais de Dalton e Gay-Lussac tendo em conta o pressuposto de que o átomo é uma partícula indivisível. Depois de Avogadro já muito mais se aprendeu acerca do átomo... mas isso é outra história.

Talvez os trabalhos destes pioneiros nos pareçam agora simples e simples, contudo eles são o fundamento das descobertas que continuam ainda nos nossos dias.

F — Conclusões

Propus-me apresentar, numa perspectiva histórica e de forma adequada aos níveis etários do 8.º ao 11.º anos de escolaridade, os conceitos básicos relativos à Teoria Atómica e a interligação do desenvolvimento teórico e do correspondente progresso experimental e, a partir de episódios concretos da História da Química, motivar o aluno e sensibilizá-lo para o significado do método científico, dando realce à actividade de alguns pioneiros.

Na minha opinião estes objectivos foram plenamente atingidos com a elaboração do folheto educacional referido na secção E. Com efeito, este trabalho contém informação útil, apresentada num estilo simples e coloquial, acessível aos alunos do 8.º ao 11.º anos de escolaridade, sendo o texto ilustrado de forma atraente. Talvez pareça demasiado elementar para o 10.º e 11.º anos mas neste caso poderá servir de base para trabalho mais aprofundado dos alunos, como tema de debate sobre a evolução dos conceitos científicos, etc. O tema é desenvolvido de maneira encadeada e evolutiva, susceptível de prender a atenção, despertar o interesse, sendo mantida uma certa atmosfera de expectativa em relação ao desenrolar dos acontecimentos, por forma a dar ao aluno a impressão de tomar parte neles. Relata o próprio avanço da ciência oferecendo uma panorâmica geral da evolução das ideias, com referência progressiva aos dados colhidos da experiência.

Não referi os contributos importantes de muitos pioneiros da Química, porque um folheto deste género se tornaria fastidioso, se fosse alongado excessivamente, acabando por obscurecer os aspectos mais relevantes da evolução da Teoria Atómica e correndo o risco de

perder virtualidades pedagógicas. Eventualmente, o trabalho poderá vir a ser melhorado através do alargamento do seu âmbito e da adaptação a diferentes idades. No entanto, tal alargamento deverá sempre ser condicionado pelas características de simplicidade e acessibilidade e controlado por experiências pedagógicas.

Gostaria de ter podido experimentá-lo e de estudar as reacções dos alunos. Teria sido uma oportunidade de verificar em que medida os objectivos eram atingidos e quais as correcções que deveriam ser introduzidas quer no modo de apresentar quer no aprofundamento que dei ao tema. Possivelmente poderia ser aconselhável esclarecer outros pontos para melhor compreensão dos diálogos. É minha intenção ensaiar este folheto nos próximos anos, já que não me foi possível fazê-lo no decurso do presente ano lectivo. Estou convencida de que o ensino das matérias nele consideradas será muito facilitado pelo seu uso.

Agradecimentos:

Desejo deixar expresso o meu afectuoso agradecimento ao João pelas ilustrações do folheto educacional e à Constança por ter dactilografado o trabalho.

G — Bibliografia

- 1 CANE, B. e SELLWOOD, J., *Certificate Chemistry 3*, Schofield & Sims Ltd, Huddersfield, 1973.
- 2 CARVALHO, R., *História do Átomo*, Atlântida Editora, Coimbra, 1975.
- 3 CORREIA, C., NUNES, A., *Química — 10.º ano de escolaridade*, Porto Editora, Porto, 1983.
- 4 CRUZ, M. N., MARTINS, I. P. e MARTINS, A., *A descoberta da Química — 8.º ano de escolaridade*, Porto Editora, Porto, 1983.
- 5 DAVIES, L., DENIAL, M. J., LOCKE, A. W. e REAY, M. E., *Investigating Chemistry*, Heinemann Educational Books, London, 1978.
- 6 FABER, E. (Editor), *Great Chemists*, Interscience Publishers, New York, 1961.
- 7 FARIA, A. M., VALADARES, J. A., SILVA, L. G. e TEODORO, V. D., *FQ8 — 2.º volume Química*, Didáctica Editora, Lisboa, 1982.
- 8 FORMOSINHO, S. J., GIL, V. M. S., DIAS, J. T. e CARDOSO, A. C., *Química para ti — 8.º ano*, Departamento de Química, Universidade de Coimbra, Coimbra, 1984.
- 9 GONÇALVES, M. C. M., PEREIRA, M. H. J., *Química — 10.º ano*, Edições Nave, Lisboa, 1982.
- 10 HOLTON, G., *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1973.
- 11 NUFFIELD CHEMISTRY, *Introduction and Guide*, Longmans/Penguin Books, London, 1966.
- 12 PURI, O. P., *Concepts in Physical Science*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1970.
- 13 ROGERS, M. J. W., *Dalton and the Atomic Theory*, Nuffield Foundation, Longmans/Penguin Books, London, 1966.
- 14 RUTHERFORD, F. J., HOLTON, G. e WATSON, F. G., *Projecto Física*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1978.
- 15 SHONLAND, Sir B., *The Atomists 1805/1933*, Oxford University Press, 1968.
- 16 SOUSA, M. H. C., *O Mundo dos Átomos — Química 10.º ano*, Livraria Almedina Editora, Coimbra, 1982.