

so da Idade Média. E a Renascença foi um confronto com a magia. A filosofia de Aristóteles também estava em decadência e havia um impulso ao mesmo tempo racionalista e mágico. Ambos elementos estavam presentes no início da ciência moderna. Havia um pouco de alquimia, astrologia e magia natural (não demoníaca), que posteriormente foram sendo combatidas como forma de conhecimento por Descartes e Francis Bacon.

Educação – Francis Bacon *estava ligado a sociedades secretas.*

Rattansi – É verdade, mas o racionalismo de sua obra prevaleceu. Bacon interessava-se por astrologia e tentou formular uma ciência empírica baseada na co-relação das conjunções astrológicas e os fatos históricos. Se tivesse levado a cabo esse projeto, a ciência hoje seria completamente diferente. Mas pressões acadêmicas da época forçaram-no a abandonar a empreitada.

Educação – *Todo esse preconceito continua hoje em dia.*

Rattansi – Hoje está ocorrendo uma certa mudança porque as pessoas já não têm mais aquela reação extrema contra a religião, mesmo não sendo religiosos. A ciência agora tem interesse sobre o estudo da religião e sua influência no pensamento dos grandes pesquisadores.

Educação – *O Brasil, com sua marcante influência religiosa, pode contribuir para a ética das descobertas, cujo debate as religiões estimulam?*

Rattansi – Em meus seminários no Brasil, percebi que os estudantes se interessam por essa discussão mais aberta da ciência e estão preocupados com assuntos como bioética. Eles provavelmente vão ter uma atitude diferente da grande massa de cientistas. Pessoalmente, não considero o cientista uma pessoa com formação adequada para dar um parecer sobre ética.

Educação – *Países em proces-*

so de desenvolvimento costumam privilegiar os aspectos mercadológicos das descobertas científicas. Isso pode macular as pesquisas?

Rattansi – É de certa forma previsível que países em desenvolvimento se interessem pela ciência para adquirir tecnologia. Mas note que aqui no Brasil há um interesse maior também em história da ciência. Isso é importante porque abre uma perspectiva ética. No mundo todo, o público tem uma visão do cientista como alguém fazendo o papel de Deus, criando monstros, frankensteins, principalmente quando ouvem falar de experiências genéti-

As pessoas tinham dúvidas sobre o porquê de Newton ter perdido tempo com alquimia e profecias bíblicas

cas. Em nossa história, sempre houve um conflito entre os valores da sociedade e o estudo das ciências. Veja o exemplo do mau uso da ciência no nazismo, na construção da bomba atômica, na distorção do pensamento de Darwin para justificar o racismo ou na perseguição de quem ousou contestar a visão de mundo da época medieval como Galileu

Educação – *Al entra também a importância da filosofia na formação de nossos jovens.*

Rattansi – A filosofia pode ensinar a resolver problemas éticos e

balançar os diferentes valores, chegando a um equilíbrio sobre o que é mais importante nas descobertas científicas. A história também. Não existe uma fórmula para resolver matematicamente todos os problemas da sociedade, mas a filosofia e a história oferecem mais condições para avaliar quais as decisões que podemos tomar e suas conseqüências.

Educação – *Como o estudo da história da ciência – ainda pouco explorada na universidade e no ensino médio brasileiros – pode contribuir para a formação do estudante?*

Rattansi – Esse não é um problema exclusivo do Brasil. O sistema educacional inglês também é carente nessa área. A história da ciência é importante para o professor de qualquer disciplina que não tenha conhecimento mais aprofundado em ciência e para o professor de ciência que necessita de uma abordagem mais ampla. O tipo de ciência que é ensinado em nossas escolas pode dar um gostinho sobre o que é ciência, mas não a aborda como um processo cultural.

Educação – *Qual a solução?*

Rattansi – Na Inglaterra e em outros países como o Brasil, há uma divisão entre pessoas de ciência, de artes e de humanidades. Isso é um problema. Precisamos acabar com essas barreiras e atuar em um nível mais interdisciplinar. Ciência não é um departamento, como marketing. Agora, todas as áreas podem ajudar para uma maior compreensão sobre ciência. Os professores de ciências também necessitam de uma fundamentação histórica e filosófica de maneira abrangente e não restrita à sua área. Por exemplo, o professor de física acaba pensando um pouco mais sobre a história da física, o de matemática e química também, em suas áreas. As vezes tais conhecimentos enveredam para discussões filosóficas, como a atual física quântica, cujas descobertas estão abrindo novas perspectivas para entendermos diferentes realidades. ■

O Alquimista Sendivogius e o Salitre

Paulo Alves Porto

A tendência atual entre os historiadores da ciência é tentar compreender as idéias dos personagens do passado dentro do contexto em que foram elaboradas. A procura de 'homens adiante de seu tempo', que teriam vislumbrado conceitos somente possíveis anos mais tarde, pode levar a interpretações distorcidas dos fatos históricos. Este artigo procura mostrar, por meio de um exemplo tomado à alquimia do século XVII, como a história da química já foi palco para esse tipo de interpretação equivocada.

► alquimia, Michael Sendivogius, pedra filosofal, salitre ◀

Das Lições do Quarto Flúo:

Tendo no Ano precedente aprendido os Estudantes Filósofos as verdades de facto, que o Magisterio da Experiencia tem mostrado nos Corpos, considerados como massas homogêneas; e aplicados mecanicamente a obrar huns sobre os outros; passarão no quarto Anno a estudar as verdades, que a mesma Experiência tem mostrado sobre as partes, de que se compõem os mesmos Corpos; e sobre os Fenômenos, que resultam da applicação íntima, e contacto das mesmas partes; Fenômenos, que se não podem explicar pelas Leis ordinarias da Mecânica; e que constituem huma Sciencia á parte. [...] Essa Sciencia tem o nome de *Chymica*, e he a *Tercêira Parte da Filosofia Natural*. [...] Porém antes de nas Lições desta Sciencia, dará o Lente hum Resumo abreviado da *Historia della: Mostrando a origem que teve; os progressos que fez; as revoluções; os sucessos; a decadencia; e o descredito*, em que esteve pelos mysterios obscuros dos *Alchymistas*, e pelas pèrtesões frivolas da *Pedra filosofal*, e outros segredos, cuja invenção se propunham homens de maior temeridade, que prudencia.

Se olharmos estes excertos dos estatutos da Universidade de Coimbra, editados em 1772, por ocasião de sua reforma, transcritos acima na linguagem de então, e que também muito influíram no ensino no Brasil, veremos o que se recomendava aos professores, quando iniciavam o ensino de química.

Aqui, ao contrário do que se propunha em Coimbra então, ao analisar um aspecto da obra do alquimista polonês Michael Sendivogius, neste número de *Química Nova na Escola* se

trabalho se baseia na tradução inglesa de 1674, *A New light of alchymy*. Nos doze tratados que constituem a primeira parte desse livro, Sendivogius discute o que chamaríamos de uma 'teoria da matéria'. Seu objetivo seria ajudar filósofos ou alquimistas a entender o segredo da pedra filosofal — cuja preparação e virtudes também são explicadas, ainda que obscuramente.

Sendivogius afirmava que todos os corpos proviriam de 'sementes'. Assim, caso a 'semente' contida em um pedaço de ouro pudesse germinar adequadamente, teríamos a multiplicação do ouro. Para ele, "o ouro vulgar é como uma erva sem semente; quando ele amadurece, produz a semente". Contudo, o ouro normalmente não consegue amadurecer devido à 'crueldade' do ar, que não tem o 'calor' suficiente para levar adiante o processo. Ele fez uma analogia: existem laranjeiras na Polônia que florescem e dão frutos porque nesse país há calor suficiente; mas se forem plantadas em lugares mais frios nunca darão frutos e, assim, para que o ouro também dê frutos e sementes é preciso que o 'artífice' — por meio do fogo — ajude a natureza naquilo que ela não é capaz de fazer sozinha (Sendivogius, 1674, p. 90).

O primeiro passo para permitir o amadurecimento do ouro seria 'abrir seus poros', dissolvendo-o com uma 'água' muito especial: 'a água que não molha as mãos'. Dez partes dela deveriam ser misturadas a uma parte de 'ouro vivo', e a mistura aquecida até a 'resolução' do corpo do ouro, obtendo-se a 'umidade radical' dos metais. A este produto se deveria adicionar 'água de salitre' e aquecer por um longo período — quando se observariam mudanças de cor. Então — quando a parte líquida da mistura fos-

se já capaz de 'tingir' um pedaço de ferro — se deveria adicionar o 'leite da terra', um líquido capaz de 'calcinar ouro'. Sendivogius concluiu: "Até aqui chegou minha experiência; nada mais posso fazer, nada mais encontrarei" — estando finalizada a preparação da pedra filosofal.

É tentador, para um químico moderno, investigar se Sendivogius está se referindo a operações

reais de laboratório, com substâncias químicas concretas, ou se está fazendo um relato meramente alquímico. Embora sua

linguagem muitas vezes seja cifrada, os indícios são suficientes para afirmar que há um componente concreto de operações de laboratório em seus relatos. Não podemos nos esquecer, entretanto, que Sendivogius via as substâncias e suas transformações com olhos bem diferentes dos de um químico moderno. É preciso, pois, muito cuidado para não atribuir a Sendivogius conclusões a que ele nunca poderia ter chegado.

O historiador polonês Roman Bugaj afirma que Sendivogius escreveu, além do livro já mencionado, um tratado intitulado *Processus super sal centrale*, obra revela que a misteriosa 'água que não molha as mãos' seria o salitre, que os químicos atuais preferem chamar nitrato de potássio. Assim, podemos especular que o primeiro passo para a obtenção da pedra filosofal, no processo descrito, seria atacar o 'ouro vivo' com salitre em fusão. Lembremos que o fogo seria o meio privilegiado para fazer o que a natureza não consegue sozinha; daí a necessidade de altas temperaturas. Outra passagem de *Novum lumen chymicum* leva a crer que a expressão 'ouro vivo' se refere ao ouro antes de ser fundido e trabalhado pelo metalurgista (Sendivogius, 1674, p. 10).

O passo seguinte da receita de Sendivogius fala na adição de 'água de salitre'. Trata-se, provavelmente, do ácido obtido do salitre, atualmente chamado ácido nítrico. Essa interpretação novamente é apoiada por um trecho do *Processus*..., no qual Sendi-

vogius descreveu com detalhes a obtenção de ácido nítrico a partir de salitre (Szydio, 1993, p. 131-133). Após um período prolongado de aquecimento nas condições que descrevemos, é possível que o ouro se solubilize, ao menos em parte. É claro que a solução assim obtida seria capaz de 'tingir' o ferro e outros metais — pela deposição de ouro metálico em sua superfície. O último passo

menciona a adição de uma 'água' capaz de 'calcinar o ouro' — que poderia ser a 'água-régia', cuja preparação, segundo Bugaj, Sendivogius também conhecia.

Mesmo que nossas especulações acerca das substâncias e processos descritos por Sendivogius estejam corretas, não podemos permitir que elas nos levem além do que realmente podem. Ele atribuiu importância fundamental ao salitre — o qual aparece sob várias denominações no texto: *chalybs*, *ação*, *ímã*, *água que não molha as mãos* e *ar*, entre outras. Ao analisar as idéias de Sendivogius sobre o salitre, o historiador polonês Zbigniew Szydio escreveu:

"A implicação aqui é que há um componente do ar que é necessário à vida. O fato de que esse componente do ar pode ser obtido no estado sólido (isto é, fixo) está de acordo com o que sabemos hoje: o componente do ar que mantém a vida, que é o oxigênio, está combinado quimicamente no salitre, ou nitrato de potássio." (Szydio, 1993, p. 136)

Outro historiador, Włodzimierz Hubicki, foi ainda mais enfático:

"O salitre de Sendivogius corresponde ao que hoje chamamos de oxigênio." (Hubicki, 1964, p. 830)

Seria mesmo possível dizer que há correspondência entre a idéia de salitre para Sendivogius e o conceito moderno de oxigênio? Analisemos mais detidamente o significado de 'salitre' para o alquimista polonês.

Um ponto fundamental na filosofia

de Sendivogius era sua crença numa analogia entre o macrocosmo (o Universo como um todo) e o microcosmo (o ser humano) — um tema então muito comum, cuja origem remonta à Antiquidade, e que foi de extrema importância na obra de Paracelso (Pagel, 1982, p. 214-215), um dos autores mais influentes sobre Sendivogius. As partes do Universo seriam interligadas, e as analogias e simetrias poderiam ser observadas em todo lugar. Existiria, por exemplo, uma simetria entre o Sol e o 'fogo central' residente no interior da Terra:

"... o Sol é o centro entre as esteras dos planetas, e a partir deste centro dos céus, [o Sol] irradia seu calor para baixo, por meio de seu movimento. Assim também no centro da Terra há o sol da Terra, que devido a seu movimento perpétuo envia seu calor, ou raios, para cima, rumo à superfície da Terra." (Sendivogius, 1674, p. 33)

Essa simetria seria fundamental para a geração dos seres. O calor e as emanações provenientes de cada um desses sóis, ao se encontrarem, gerariam a vida. Haveria também uma simetria entre o mar ligado ao sol central (isto é, as águas comuns da terra) e o mar ligado ao Sol celestial — que seria a atmosfera:

"Assim como o sol central tem o seu mar, e águas cruas, que são perceptíveis, também o Sol celestial tem o seu mar, e águas sutis, que não são perceptíveis. Na superfície [da Terra] os raios de um se unem aos raios do outro e produzem flores e todas as outras coisas. Portanto, quando se formam as chuvas, estas recebem do ar aquele poder da vida e o juntam com o salitre da terra..." (Sendivogius, 1674, p. 44)

Sendivogius revela a existência de outra analogia fundamental: entre o 'poder da vida' residente no ar e governado pelo Sol celestial e o 'salitre da terra'. Esse salitre seria capaz de atrair o 'poder da vida', assim como o ímã é capaz de atrair o ferro; por isso

Sendivogius chamou o salitre, cifradamente, de 'imã' ou 'chalvbs' (lco). Sendivogius deu ainda outro exemplo: o 'poder atrativo' do salitre da terra se parece com o do 'tártaro calcinado', que atrai o ar para si mas o transforma em água. Ele provavelmente estava se referindo ao carbonato de potássio anidro, que é deliquescente⁵. Portanto, ao se encontrarem os raios do Sol celestiais com o calor da terra, haveria a multiplicação do salitre da terra, devido à assimilação do 'poder da vida' existente no ar.

"...quanto mais abundante-mente os raios do Sol incidem sobre ele, maior é a quantidade de salitre formada. Assim, maior é a quantidade de grãos que crescem e se multiplicam [sobre a terra] — e isto se faz diariamente." (Sendivogius, 1674, p. 45)

Em seguida, Sendivogius evocou vários nomes para o objeto que ele estava discutindo, entre os quais: "salitre residente no mar do mundo"⁶ e "nossa água que não molha as mãos, sem a qual nenhum mortal pode viver, e sem a qual nada cresce ou é gerado no mundo inteiro". Sendivogius realifera seu 'salitre' — fosse na forma de 'poder da vida' existente no ar, fosse fixo na terra ou em qualquer outro corpo:

"Em resumo, toda a estrutura do mundo é preservada pelo ar. Assim como os animais, o homem morre se você lhe retira o ar. Nada cresceria no mundo, se não houvesse um poder do ar

penetrando, alterando, trazendo consigo o alimento que multiplica." (Sendivogius, 1674, p. 98)

A partir daí, podemos entender melhor o 'mecanismo' proposto para se fazer a pedra filosofal. Segundo Sendivogius, o ar é volátil, mas poderia ser fixado; e quando fixo, seria capaz de penetrar qualquer corpo. Além disso, o ar seria a matriz das sementes de todas as coisas. Assim, conforme vimos, pelos raios do sol o ar seria fixado na forma de salitre, que seria capaz de 'penetrar' o corpo do ouro. Ao fazer isso, encontrar-se-ia com o 'ar congelado' dentro do ouro, isto é, com a matriz natural da semente do ouro. Portanto, o salitre serviria como uma extensão dessa matriz, permitindo a multiplicação da semente do ouro — ou seja, a transmutação. Para Sendivogius, a 'umidade' (ou salitre) que dissolve o ouro seria também a origem de todas as coisas.

Eis porque vemos com reservas afirmações do tipo: "o salitre de Sendivogius corresponde ao nosso oxigênio". A análise de um conceito e outro, quando feita dentro de seus respectivos contextos, revela mais diferenças fundamentais que semelhanças — visto que os referenciais teóricos e a cosmovisão de Sendivogius são completamente distintos dos nossos. Mesmo supondo que as especulações que fizemos a respeito dos reagentes utilizados por Sendivogius estejam certas — isto é, que o que ele chama de salitre em suas receitas seja a mesma substância concreta que chamamos de nitrato de potássio —, afirmar que a relação que existe entre

Referências bibliográficas

HUBICKI, Włodzimierz. Michael Sendivogius. In: G.C. Gillispie (Ed.) *Dictionary of Scientific Biography*, v. 12. Nova York: Charles Scribner's Sons, 1978, p. 306-308.

_____. *The True Life of Michael Sendivogius*. In *Actes du X^e. Congrès International d'Histoire des Sciences*, vol. 4. Varsóvia: 1968, pp. 31-35.

_____. Michael Sendivogius's

theory, its origin and significance in the history of chemistry. In: *Actes du X^e. Congrès International d'Histoire des Sciences*, v. 2. Paris: Hermann, 1964.

PAGEL, Walter. *Paracelsus*. 2. ed. Basileia: Karger, 1982.

SENDIVOGIUS, Michael. *A new light of alchymy*. Tradução por John French. Londres: A. Clark, for Tho. Williams, 1674.

SZYDLO, Zbigniew. *The alchemy of Michael Sendivogius: his central nitre*

o 'salitre da terra' e o 'salitre aéreo' de Sendivogius é a mesma que existe entre nossos nitrato de potássio e oxigênio, diante de tudo o que foi exposto, não nos parece adequado.

Paulo Alves Porto, bacharel e licenciado em química pela USP, mestre e doutor em comunicação e semiótica pela PUC-SP na área de história da ciência, integra o Centro Simão Mathias de Estudos em História da Ciência (Casima), da PUC - São Paulo, e o Grupo de Pesquisa em Educação Química (GPEQ), do IQ - USP. e-mail: palporto@quim.iq.usp.br

Notas

1. O texto transcrito está na parte referente à química dos mencionados estatutos da Universidade de Coimbra. Foi feita uma transliteração para o alfabeto atual, sem fazer as atualizações na ortografia e na pontuação, bastante diferente da atual. Este estatuto foi publicado fac-similarmente [Estatutos da Universidade de Coimbra (1772). *Livro III, Coimbra: Grafica de Coimbra*, 1992, p. 250-254.] quando das comemorações do bicentenário da reforma da Universidade.

2. Para dados biográficos, vide: Hubicki, 1968 e 1978; Szydlo, 1993.

3. Essa 'receita' foi compilada de três passagens em que Sendivogius descreve a preparação da pedra filosofal (Sendivogius, 1674, p. 28-31, 42-43).

4. Sendivogius diz que a mistura, levada ao fogo, se transformaria em um 'licor seco' (Sendivogius, 1674, p. 30-31). Ele poderia estar se referindo a um líquido sem água, como o salitre fundido.

5. Conforme a interpretação de Szydlo, 1993, p. 136.

theory. *Ambix*, v. 40, p. 129-146, 1993.

Para saber mais

ALFONSO-GOLDFARB, A.M. *O que é história da ciência*. São Paulo: Brasiliense, 1994.

_____. *Da alquimia à química*. São Paulo: Nova Stella-Edusp, 1987.

PORTO, P.A. *Van Helmonte e o conceito de gás — química e medicina no século XVII*. São Paulo: Educusp, 1995.

ENSAIO FÍSICO-QUÍMICO CONTENDO UM EXPERIMENTO COM ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DAS DIFERENTES PARTES E DA REINTEGRAÇÃO DO SALITRE¹

Robert Boyle (1627-91)*

SEÇÃO I

O salitre², Pyrophilus³, embora nessa forma em que é vendido nas lojas não seja claramente um concreto, será encontrado⁴ quer em seus rudimentos, quer sob vários disfarces, num número tão grande de corpos compostos, de vegetais, animais, e até de minerais, que nos parece não apenas um dos sais mais católicos, mas também um ingrediente tão importante de inúmeros concretos sublunares, que nós podemos corretamente supor que mereça nossas sérias investigações, uma vez que o conhecimento dele pode levar-nos a descobrir a natureza de vários outros corpos e ao aperfeiçoamento de diferentes partes da filosofia natural.

SEÇÃO II

Mas, como atualmente meus vários afazeres não me concedem muito tempo para fazer investigações cuidadosas a respeito da natureza do salitre

* Tradução e Notas de Luciana Zatterka (mestra em química orgânica pelo Departamento de Química da USP e doutoranda em Filosofia pela FFLCH da USP, bolsista FAPESP). Tradução e Revisão: Eunice Ostrensky (doutoranda em Filosofia pela FFLCH da USP, bolsista FAPESP).

Luciana Zatterka

em geral e, o que é mais importante, como ainda não disponho de um número satisfatório de experimentos necessários para esse propósito, devo satisfazer-me, por ora, em prestar-vos algum auxílio tanto para descobrires quantas substâncias diferentes podem ser obtidas do nítro como para o compordes novamente, apresentando-vos algumas reflexões sobre um experimento que meu desejo em passar rapidamente para outro assunto obriga-me a descrever crua⁵, tal como o fiz pela primeira vez, à guisa de uma narrativa.

SEÇÃO III

Tomamos então o nítro comum (tal como o que compramos num boticário) e, pelo modo usual de solução, filtração e coagulação, o reduzimos a cristais. Colocamos quatro onças⁶ desse nítro purificado num forte cadinho novo, no qual (estando o vaso primeiro bastante aquecido para evitar a quebra, e coberto para evitar que dentro caísse alguma coisa que pudesse em hora imprópria incandescer o salitre) nós o fundimos, até se transformar num licor límpido e, enquanto estava em fusão, juntamos a isso um pequeno carvão em brasa que imediatamente incandescceu, e fez borbulhar o líquido, sibilou e acendeu por alguns instantes. Depois disso, juntamos outro carvão incandescente que o fez fulminar novamente; e, então, juntamos um terceiro e um quarto e, assim, continuamos a operação até que o nítro nem fulminasse nem incandescesse mais. Depois disso continuamos a mantê-lo num fogo forte por aproximadamente um quarto de hora, de modo que, se ainda permanecesse uma parte volátil, ela pudesse ser evaporada.

* Se neste ponto perguntarem: "Por que o experimento não foi feito com uma quantidade maior de salitre?", nós poderemos responder que a quantidade mencionada era a mais proporcional ao melhor cadinho de que então dispúnhamos. E, se perguntarem ainda: "Destilar o nítro em vasos fechados, sem a adição de nenhum outro corpo estranho, não seria um modo melhor de obter as várias substâncias separáveis dele?", nós responderemos apenas, para deixar claro, que a maneira proposta não é tão praticável como poderíamos imaginar. Pois, como não aquiescemos com a prática usual dos químicos, que costumam misturar ao salitre que eles destilam três ou quatro vezes seu peso de pó de tijolo, terra ou algum outro material, o qual (especialmente numa proporção tão grande) pode alterar demasiadamente a natureza do sal fixo remanescente, tivemos a curiosidade de testar mais de uma vez se poderíamos destilar o salitre *per se*, em retortas de vidro. Uma vez (pelo menos) colocamos a retorta somente num fogão de areia para evitar fornecer um fogo demasiado forte e, mesmo assim, quando o calor se tornou forte o suficiente para derreter o sal, descobrimos que ele quebrou a retorta e em parte vazou pela fenda; de modo que somente obtivemos uma pequena quantidade de licor que, por sua acidez e operação, ensinou-nos o que poderíamos esperar quanto ao restante da parte volátil do nítro, caso o vaso o tivesse mantido até que fosse transferido para o recipiente.

SEÇÃO IV

Então, tirando o cadinho e quebrando-o enquanto estava quente, nós recolhemos da maneira mais cuidadosa possível o que restou do nitro fixo⁷ e, depois que ele tivesse se embebido muito da umidade do ar; e, dividindo-o em duas partes iguais, dissolvemos uma dessas duas porções na quantidade de água pura que seria precisamente necessária para fazer uma solução. Então, gotejamos nisso espírito de salitre⁸, até que a ebulição provocada pela ação mútua desses licores contrários cessasse inteiramente; e, depois de filtrar essa mistura, nós a expusemos num frasco recém-aberto ao ar na janela. Quando nos para a outra porção do nitro fixo, que havíamos deixado de lado e não havíamos dissolvido, gotejamos o mesmo espírito até que o sibilar e a ebulição tivessem completamente cessado e, então, expusemos também essa mistura num frasco de vidro aberto ao ar na mesma janela em que o outro.

SEÇÃO X

3. O nitro fixo assim produzido diferia muito pouco do sal vulgar de tártaro¹¹ no seu gosto de lixívia, em sua tendência a atrair o ar ou a ceder à sua umidade e em suas outras qualidades mais evidentes. Porém, enquanto o sal de tártaro costuma ser branco (ainda que, como outros além de nós observaram, ao se fundir torne-se uma espécie de cor azulada), esse nitro fixo era de uma cor forte, entre o azul e o verde, cor esta que desapareceu com a afusão do espírito de nitro, enquanto, por outro lado, (apenas para observar-vos de passagem), certa espécie de nitro calcinado reterá tão obstinadamente aquela cor, que ainda conservo comigo um licor azul-esverdeado feito de nitro fixo. Não sei quantas vezes esse licor foi sucessivamente decomposto (*resolved*) *per Deliquium* e novamente coagulado, até que se reduzisse, não mais a um sal seco, mas a um corpo untuoso que no calor se fundia facilmente como cera — mas seria um tanto inconveniente insistir aqui em qual era meu desígnio com essa experiência¹².

Para que nossos amigos não fossem obrigados a esperar demais pela reintegração do nitro e pudessem ver o experimento feito no menor tempo possível, divisamos um modo mais rápido de unir as partes separadas (*divorced*) de nosso sal. Esse modo consistiu unicamente em permitir que o nitro fixo, tal como é mencionado por nosso autor, se encontrasse *per Deliquium* com um licor que, estando separado de suas *faeces* por filtração através de papel de filtro, era bastante claro e límpido. Assim, com a intenção de mostrar esse experimento, simplesmente despejamos sobre esse licor um pouco de espírito de nitro, que, depois de provocar um certo ruído borbulhante e efervescente — tal como aquele de que fala nosso autor —, que rapidamente desapareceu, imediatamente se associou a uma proporção suficiente do sal fixo que boiava na solução, decantando, então, em pequenos sincelos de natureza e de aspecto nitroso (*nitrous*); quando queríamos continuar a afusão do espírito ácido, observávamos de tempos

em tempos essa emersão do salitre, até que todo ou quase todo o sal fixo havia se unido ao outro. Ao secarem em torrões, esses pequenos sincelos revelaram ao paladar, tal como já haviam revelado aos olhos quando se adicionava carvão incandescente, que eram realmente nitro, o que causou algum espanto e muito prazer a nossos amigos, pois não estavam acostumados a contemplar o salitre assim gerado, repentinamente, em menos de um minuto. Nós reduzimos esses pequenos sincelos, uma vez suficientemente dissolvidos em água pura, por congelamento, para fins de experiência, a cristais perfeitos.

Mas, embora esse seja o modo mais perfeito e rápido de reproduzir o nitro, como freqüentemente exige, sobretudo com o clima seco, muito tempo para reduzir o nitro fixo *per Deliquium* a um licor, algumas vezes nós o substituímos pelo seguinte modo: dissolvemos em água pura a maior quantidade possível de nitro e, filtrando a solução com papel de filtro, o saturamos com espírito de nitro, conforme a maneira acima descrita; então, deixando-o evaporar muito lentamente e, em seguida, permitindo que esfriasse, obtivemos, algumas horas após a mistura inicial dos licores, uma porção de minúsculos cristais de salitre lançados ao licor; ao evaporar, a parte remanescente nos forneceu mais desses cristais. E, embora a evaporação e a cristalização nos custassem várias horas, o salitre, ao que parece, havia sido produzido imediatamente após cessar o conflito entre os dois licores. Quanto à mistura antes da evaporação, tinha o sabor semelhante ao da solução de nitro comum; quanto às pequenas gotas que, com a efervescência, jorraram para fora do vidro e caíram em suas laterais, muitas delas imediatamente coagularam em pequenos grãos de sal nitroso.

SEÇÃO XII

As reflexões que podem ser feitas a respeito desse experimento são mais numerosas do que aquelas que tenho habilidade ou tempo para levar

137

adiante; portanto, satisfaço-me em apresentar-vos muito sucintamente algumas das que mais prontamente ocorrem aos meus atuais pensamentos.

Em primeiro lugar, esse experimento parece nos fornecer um exemplo por meio do qual podemos discernir que o movimento, a figura e a disposição das partes e outras semelhantes afecções (se assim as posso chamar) primárias e mecânicas da matéria são suficientes para produzir aquelas afecções mais secundárias dos corpos que costumam ser chamadas de qualidades sensíveis¹⁵.

SEÇÃO XIII

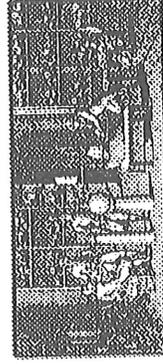
Começamos com as qualidades tangíveis como calor e frio. Sustenta-se comumente que o salitre é em operação um corpo frio, senão um dos mais frios do mundo¹⁶; e por isso médicos e químicos costumam prescrevê-lo nas febres, para mitigar as ebulições (*exaestuations*) internas do sangue e dos humores - Lorde Verulâmio, o profundo naturalista, recomenda fortemente um pouco dele, e por muitos anos fez uso do salitre para condensar os espíritos. Mas o que quer que ele seja em operação interna, certamente para os sentidos externos ele se mostra bastante frio; e, no entanto, as partes desse corpo tão frio (seu espírito e seu álcali, pelo último dos quais os químicos costumam indicar qualquer sal fixo produzido por combustão), ao serem reunidas, imediatamente agitam umas às outras com grande veemência e, em nosso experimento, produziram um tal calor que eu mal consegui segurar em minha mão o frasco em que muito menos de uma onça de cada uma dessas partes foi misturada, embora muito lentamente e quase por gotas, como se o calor não fosse nada mais senão um movimento variado e rápido das partículas diminutas dos corpos. Pois em nosso experimento, enquanto durou aquela agitação confusa, permaneceu o calor e, com a agitação, aumentou e diminuiu; por fim, quando o movimento cessou, o calor desapareceu.

SEÇÃO XXVIII

Um outro ponto para que nosso experimento permite atentar é a falta de percepção daqueles químicos vulgares, que têm a confiante pretensão (suficientemente indiscriminada) de atribuir a cada um dos ingredientes heterogêneos, ou (na linguagem deles) aos princípios de um concreto decomposto pelo fogo, as virtudes e propriedades (talvez também num grau exagerado) do corpo todo. Mas, embora este seja um erro de conseqüências muito nefastas com relação as diversas preparações químicas de remédios, como em outro lugar disscortemos, nos limitaremos aqui a contrapor a tais erros os exemplos fornecidos a nós pelo experimento sob consideração. Com efeito, no experimento podemos observar que, quando o salitre é

142

destilado, o licor volátil e o sal fixo nos quais é reduzido pelo fogo são dotados de propriedades extremamente diferentes tanto um do outro como das propriedades do concreto que não sofreu dissipação; pois o espírito de nitro é (tal como já observamos anteriormente) uma espécie de *Acetum Minerale*, e possui as qualidades comuns que se encontram nos espíritos ácidos enquanto tais, ao passo que o nitro fixo é de natureza alcalina e participa das qualidades pertencentes aos sais de lixívia em geral²³. O próprio salitre é uma espécie peculiar de sal, discriminado por propriedades distintas tanto das daqueles sais que são eminentemente ácidos, como alúmen²⁴, vitríolo²⁵, sal-gema²⁶ etc., como daqueles que são propriamente alcalinos, como o sal de tártaro e de potássio. É por isso que podemos facilmente observar uma grande disparidade nos efeitos e operações desses três corpos. Pois vários, senão todos, desses sais minerais que a *Aqua fortis* dissolverá por corrosão, a solução de nitro fixo fará precipitar; e muitos, senão todos, os corpos sulfurosos e oleosos, que a solução de nitro fixo dissolverá, o espírito ácido de salitre fará precipitar. E num instante dissolvemos novamente no espírito uma solução de sublimado precipitada com o outro licor. Então, se numa tintura vermelha produzida por uma infusão de brasil²⁷ em água pura despejamos um pouco de espírito de nitro, o licor misturado em pouco tempo mudará de vermelho para uma espécie de amarelo que, ao se despejar nele uma pequena quantidade de uma solução de nitro fixo, pode novamente transformar-se aos poucos numa cor sanguínea, algumas vezes mais pálida e, algumas vezes, talvez mais profunda do que a primeira; enquanto a própria solução de salitre, despejada em qualquer uma das primeiras tinturas, a vermelha ou amarela, não produziu, como observamos, nenhuma alteração sensível. E enquanto o salitre é em si mesmo parcialmente fixo e parcialmente volátil, os ingredientes ácidos dele são inteiramente voláteis e os ingredientes alcalinos inteiramente fixos.



Discurso Preliminar

[...]

Ninguém deixará de ficar surpreso de não encontrar em um Tratado Elementar de Química um capítulo sobre as partes constituintes e elementares dos corpos; mas ressaltar aqui que essa tendência que temos de querer que todos os corpos da natureza só sejam compostos de três ou quatro elementos está ligada a um preconceito que nos vem originariamente dos filósofos gregos. A admissão de quatro elementos que, pela variedade das suas proporções, compõem todos os corpos que conhecemos é uma pura hipótese imaginada muito tempo antes que se tivessem as primeiras noções da Física experimental e da Química. Não havia ainda fatos, tratava-se de formar sistemas; e hoje, que reunimos fatos, parece que nos esforçamos para rechaçá-los quando não se enquadram em nossos preconceitos; isso é tanto mais verdade na medida em que o peso da autoridade desses pais da filosofia humana se faz ainda sentir e ela, com certeza pesará sobre as gerações vindouras.

Uma coisa muito notável é que, ensinando a doutrina dos quatro elementos, não há químico que, pela força dos fatos, não tenha sido levado a admitir um número ainda maior. Os primeiros químicos que escreveram depois da renovação das Letras viam o enxofre e o sal como substâncias elementares que entravam na combinação de muitos corpos: eles reconheciam, portanto, a existência de seis elementos em vez de quatro. Beccher admitia três terras, e era da combinação delas e da diferença entre suas proporções que resultava, segundo ele, a distinção que existe entre as substâncias metálicas. Stahl modificou esse sistema: todos os químicos que o sucederam se permitiram alterá-lo, até mesmo imaginar outros sistemas, mas todos se deixaram levar pelo espírito do seu século, que se contentava com asserções sem provas ou, pelo menos, que via amíúde como tais ligeiríssimas possibilidades.

Tudo o que se pode dizer sobre o número e a natureza dos elementos se limita, a meu ver, a discussões puramente metafísicas: nos propomos a resolver problemas indeterminados, que comportam uma infinidade de soluções, mas é muito provável que nenhuma, em particular, esteja em acordo

com a natureza. Eu me contentarei, portanto, a dizer que se pelo nome de elementos pretendemos designar os átomos simples e indivisíveis que compõem os corpos é provável que não os conheçamos; se, ao contrário, aplicamos o nome de elementos ou princípios dos corpos à idéia do último termo a que chega a análise, todas as substâncias que ainda não pudemos decompor por algum meio são para nós elementos. Não que possamos garantir que esses corpos que temos como simples não sejam, eles mesmos, compostos de dois ou até de um maior número de princípios, já que esses não se separaram, ou melhor, não temos meio de separá-los, são para nós corpos simples. Não os devemos supor como compostos senão quando a experiência e a observação nos tenham fornecido a prova.

Essas reflexões sobre a evolução das idéias se aplicam naturalmente à escolha das palavras que devem exprimi-las. Sou guiado pelo trabalho que fizemos juntos em 1787, os senhores de Morveau, Berthollet, Fourcroy e eu, sobre a Nomenclatura da Química; designei o máximo que pude as substâncias simples por palavras simples, e foram elas que fui obrigado a nomear primeiro. Podemos lembrar-nos de que nos esforçamos por conservar para todas essas substâncias os nomes que lhe são dados pela sociedade: não nos permitimos mudá-los, com exceção de dois casos. O primeiro, acerca das substâncias recém-descobertas e que ainda não tinham sido nomeadas, ou pelo menos para aquelas que só o foram havia pouco tempo e cujos nomes, ainda novos, não tinham sido sancionados pela adocção geral. O segundo, quando os nomes adotados, ora pelos antigos, ora pelos modernos, pareceram-nos acarretar idéias evidentemente falsas, e poderiam levar a uma confusão entre a substância que eles definiam com outras dotadas de propriedades diferentes ou opostas. Não tivemos dificuldade alguma, então, em substituí-los por outros que tomamos em prestado principalmente do grego: fizemos de tudo para que exprimissem a propriedade mais geral, a mais característica das substâncias; e nisso encontramos a vantagem de aliviar a memória dos principiantes, que dificilmente retêm uma palavra nova quando esta é absolutamente vazia de sentido, e de acostumá-los logo a não admitir nenhuma palavra sem a ela ligar uma idéia.

No que se refere aos corpos que são formados da reunião de várias substâncias simples, nós os designamos por nomes compostos formados pelos nomes das próprias substâncias; mas, como o número das combinações binárias já é grande, teríamos caído na desordem e na confusão se não nos dedicássemos a formar classes. O nome das classes e dos gêneros está na ordem natural das idéias, o que lembra a propriedade comum a um grande número de indivíduos; o de espécies, ao contrário, é aquele que leva a idéia às propriedades particulares a alguns indivíduos.

Tais distinções não são feitas, como se poderia pensar, somente pela metafísica; elas o são pela natureza. Uma criança, diz o abade de Condillac, chama pelo nome de *árvore* a primeira árvore que nós lhe mostramos. Uma segunda árvore que ela vê lhe lembra a mesma idéia e ela lhe dá o mesmo nome; da mesma forma com uma terceira, com uma quarta, e eis a palavra *árvore* dada a um primeiro indivíduo toma-se para ela um nome de classe ou de gênero, uma idéia abstrata que compreende todas as árvores em geral. Mas quando lhe fizermos observar que todas as árvores não servem para os mesmos usos, que não dão os mesmos frutos, ela logo saberá distingui-las por nomes específicos e particulares. Esta lógica é a de todas as ciências e aplica-se naturalmente à Química.

Os ácidos, por exemplo, são compostos de duas substâncias do tipo que consideramos simples. A que constitui a acidez é e comum a todos, deve ser emprestado o nome de classe ou de gênero. A outra, que é própria a cada ácido, que diferencia uns dos outros, deve ser emprestado o nome específico.

Mas na maior parte dos ácidos os dois princípios constituintes, o acidificante e o acidificado, podem existir em proporções diferentes, que constituem os pontos de equilíbrio ou de saturação; é o que se observa no ácido sulfúrico e no ácido sulfuroso; nós exprimimos esses dois estados do mesmo ácido fazendo variar a terminação do nome específico.

As substâncias metálicas que foram expostas à ação simultânea do ar e do fogo perdem seu brilho metálico, aumentam de peso e adquirem uma aparência terrosa; são nesse estado compostas, como os ácidos, de um princípio que é comum a todas e de outro particular próprio a cada uma: tivemos, igualmente, de classificá-las sob um nome genérico derivado do princípio comum, e o que adotamos é *óxido*; em seguida, diferenciamos-las umas das outras pelo nome particular do metal a que elas pertencem.

As substâncias combustíveis que, nos ácidos e nos óxidos metálicos são um princípio específico e particular, são suscetíveis de se tornar, por sua vez, um princípio comum a um grande número de substâncias. As combinações sulfurosas foram por muito tempo as únicas conhecidas nesse gênero: faz-se, hoje, segundo as experiências dos senhores Vandermonde, Monge e Berthollet, com que o carvão se combine com o ferro e com vários outros metais; disso resultam, dependendo das proporções, ácido, plumbagina,* etc. Sabemos, igualmente, de acordo com as experiências do sr. Pelletier, que o fósforo se combina com um grande número de substâncias metálicas. Reunimos essas diferentes combinações sob nomes derivados daquele da substância comum, com uma terminação que lembra essa analogia, e as especificamos por outro nome, derivado da substância original.

A nomenclatura dos corpos compostos de três substâncias simples apresentava um pouco mais de dificuldades em razão do seu número e, sobretudo, porque não se pode exprimir a natureza de seus princípios cons-

* N.T.: Grafite

tituintes sem empregar nomes mais compostos. Tivemos de considerar nos corpos que formam essa classe, tais como os sais neutros, por exemplo: 1^o, o principio acidificante que é comum a todos; 2^o, o principio acidificável que constitui o seu ácido próprio; 3^o, a base salina, terrosa ou metálica que determina a espécie particular do sal. Tomamos emprestado o nome de cada classe de sais ao do principio acidificável, comum a todos da classe; em seguida, distinguimos cada espécie pelo nome de base salina, terrosa ou metálica, que lhe é particular.

Um sal composto dos três mesmos principios pode estar, entretanto, em estados muito diferentes, só pela diferença da sua proporção. A nomenclatura que adotamos seria defeituosa se não exprimissemos esses estados e, chegamos a isso, principalmente por mudanças de terminação que tornamos uniformes para um mesmo estado dos diferentes sais.

Enfim, chegamos ao ponto em que, só pela palavra, reconhece-se qual é a substância combustivel que entra na combinação em questão, se essa substância combustivel é combinada com o principio acidificante e em qual proporção; em que estado está esse ácido; a que base ele está unido; se a saturação é exata; e se o ácido ou a base está em excesso.

Concebe-se que não foi possível preencher essas diferentes visões sem ferir, por vezes, os costumes recebidos e sem adotar denominações que pareceram duras e bárbaras em um primeiro momento; mas observamos que o ouvido se acostumava prontamente às palavras novas, sobretudo quando se achavam ligadas a um sistema geral e arrazoado. Os nomes que se empregavam antes de nós, tais como *pó de algaroth*, *sal alembroth*, *pompholix*, *água fagedênica*, *turbido mineral*, *colcozar* e muitos outros, não são nem menos bárbaros e nem menos extraordinários. É preciso uma grande habilidade e muita memória para lembrar-se das substâncias e, sobretudo, para reconhecer a que género de combinação pertencem. Os nomes *óleo de tartaro por deliquio*, *óleo de virriolo*, *manteiga de arsênico* e *de antimônio*, *flores de zinco*, etc., são mais impróprios ainda porque fazem nascer idéas falsas: porque não existem, propriamente dito, no reino mineral e, sobretudo, no metálico, nem manteigas, nem óleos, nem flores; enfim, porque as substâncias que se designam sob esses nomes enganadores são violentos venenos.

Censuraram-nos quando publicamos o nosso *Ensaio de Nomenclatura Química* por termos mudado a lingua que os nossos mestres falaram, que os tornaram conhecidos, e que nos transmitiram. Mas se esqueceram de que foram os próprios Bergman e Macquer que solicitaram essa reforma. O sábio professor de Upsal, o sr. Bergman, escrevia ao sr. de Morveau nos seus últimos tempos de vida: *não poupe nenhuma denominação imprópria: os que já sabem terão sempre aprendido; os que ainda não sabem aprenderão em breve.*

investigação ou na indústria, consagra por vezes toda a sua vida a uma única substância, simples ou composta, que decide do sucesso ou do malogro da sua carreira. Afinal de contas, é este destino monográfico que o químico-romancista Primo Levi decifra, oculto nas páginas do seu manual de estudante. O professor de química deve transformar esta soma de aventuras individuais num corpo de doutrina, num saber assimilável.

A análise face aos átomos

Como gerir uma multiplicidade indefinida, como disciplinar a população galopante das substâncias? Para responder aos desafios da química experimental que acumula materiais é necessária uma teoria. É tanto uma necessidade pedagógica quanto um princípio epistemológico. Para dar resposta a este desafio, os químicos professores inventam o conceito positivista da teoria científica como simples ordenação dos fenómenos, como auxiliar de memória. Teorias e hipóteses são instrumentos preciosos, indispensáveis, desde que não se acredite muito neles¹. Contudo, uma estratégia teórica deixa projectar outro futuro epistemológico da química, abrindo acesso a uma realidade invisível, para além dos fenómenos.

A hipótese de Dalton

Em 1804, um professor de Manchester, John Dalton (1766-1844), formulou uma hipótese que identifica os corpos simples com os átomos. A noção inventada na Antiguidade, nas margens do Mediterrâneo, explorada sob todos os aspectos pelos mecanicistas dos séculos XVII e XVIII, não é nova. Era sem dúvida

¹ Berzelius ilustra bem esta epistemologia no seu relatório sobre a teoria atómica [BERZELIUS, 1819, pp. 18-19].

necessário não estar a par, como Dalton, das complexidades da química newtoniana, como sublinha Arnold Thackray, para ousar reactivar de modo quase ingénuo uma noção tão carregada de história [Thackray, 1966 e 1970; Cardwell, 1968]. Mas o átomo daltoniano não é um herdeiro dos átomos antigos, nem dos corpúsculos newtonianos. É inventado, e depois explorado, noutro contexto.

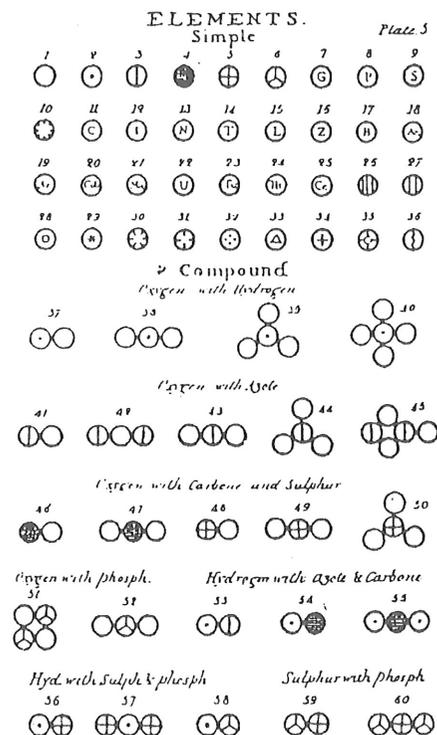
John Dalton interessou-se primeiro pela meteorologia e pelas propriedades físicas dos gases, e foi provavelmente para explicar as diferenças na solubilidade dos gases que ele começou a utilizar as noções de peso e de tamanho dos gases. Com efeito, admitindo como Lavoisier que os gases são formados de corpúsculos que se repelem sob a acção do calórico, Dalton parece ter chegado à conclusão que é necessário diferenciar os corpúsculos ou átomos dos gases não apenas pelo tamanho ou forma mas também pelo peso. Como determinar o peso relativo dos átomos? Esta é a questão com que Dalton se defronta, ao voltar-se para a química quantitativa ou estequiométrica desenvolvida por Wenzel e Richter no fim do século XVIII na Alemanha.

Wenzel e Richter procuravam, como se viu no capítulo 12, caracterizar a afinidade relativa dos corpos a partir de tabelas de equivalentes de bases e de ácidos; as quantidades «equivalentes» de base são as quantidades respectivas de cada base necessárias para neutralizar uma dada quantidade de ácido, e vice-versa para as quantidades equivalentes de ácido. A «estequiometria» toma um significado diferente em 1802, quando após diversas experiências com estanho, antimónio e ferro, Joseph Proust formulou uma lei geral: «As relações entre as massas segundo as quais dois ou mais elementos se combinam são fixas e não susceptíveis de variação contínua.» Esta lei, conhecida por lei das proporções definidas, estendia a todas as combinações a noção de equivalente até aqui reservada para as reacções de neutralização entre ácidos e bases. Enquanto Berthollet estabeleceu, como vimos, uma longa controvérsia sobre as proporções definidas nas combinações químicas, John Dalton usa a lei de Proust como base de uma nova hipótese atómica. Sugere que as combinações químicas se fazem por unidades discretas, átomo por átomo, e que os átomos de cada elemento

são idênticos. Dalton completa ainda a sua lei com a lei das proporções múltiplas: quando dois elementos formam em conjunto diversos compostos, a massa de um dos dois, unindo-se à mesma massa do outro, forma entre elas relações múltiplas inteiras e simples. Dalton acrescenta que sem a hipótese atómica, estas leis permanecem misteriosas como as leis de Kepler antes de Newton. Com a hipótese atómica, e os símbolos figurados graças aos quais Dalton resume o seu sistema, estas leis adquirem um significado intuitivo imediato (*ver* tabela anexa).

A hipótese de Dalton tem como consequência tornar indiscutível a noção de proporção, de combinação por unidades discretas, mas desloca o debate para outro problema: qual é a fórmula correcta? Enquanto os equivalentes permitem ficar pelas relações entre corpos simples constituintes, os átomos exigem um número: quantos átomos tem um dado composto? Como determinar a proporção exacta de hidrogénio que se une com o oxigénio para formar a água? Tal como Richter, Dalton acredita nas relações ponderais de combinação e adopta uma regra de simplicidade: quando dois elementos formam um único composto, ele é binário e combina um átomo de um com um átomo do outro. Quando formam dois compostos, um é binário, com um átomo de cada espécie, o outro é ternário com dois átomos de um para um átomo do outro, e assim sucessivamente [J. Dalton, 1808]. Assim, a água é descrita como um composto binário de hidrogénio com oxigénio e os pesos relativos dos dois átomos são aproximadamente 1 e 7. O amoníaco é um composto binário de hidrogénio e azoto, cujos pesos relativos são aproximadamente de 1 e 5. Graças a esta regra, Dalton pode pois pedir à experiência que dite os valores numéricos que lhe permitem fixar os pesos relativos dos átomos.

Ao contrário de Richter, que podia fixar o equivalente guiando-se pela neutralidade do composto, Dalton teve de determinar todos os pesos atómicos em relação a uma unidade fixada por convenção. Escolheu o hidrogénio como unidade: o peso atómico de cada elemento é a quantidade ponderal que se une com um grama de hidrogénio para formar a combinação mais estável.



NOTA. - Em inglês no original

EXPLANATION OF PLATES.

PLATE 5. Exhibits the various symbols devised to represent the simple and compound elements; they are nearly the same as in plate 4, only extended and corrected: they will be found to agree with the results obtained in the preceding pages.

Fig.	Simple.	Wt.	Fig.	Wt.
1.	Oxygen	7	12.	Iron 50
2.	Hydrogen	1	13.	Nickel 25 ? 50 ?
3.	Azote	5	14.	Tin 50
4.	Carbone	5.4	15.	Lead 95
5.	Sulphur	13	16.	Zinc 56
6.	Phosphorus	9	17.	Bismuth 68 ?
7.	Gold	140 ?	18.	Antimony 40
8.	Platina	100 ?	19.	Arsenic 42 ?
9.	Silver	100	20.	Cobalt 55 ?
10.	Mercury	167	21.	Manganese 40 ?
11.	Copper	56	22.	Uranium 60 ?

Fig.	Wt.	Fig.	Wt.
23.	Tungsten 56 ?	41.	Nitrous gas 12
24.	Titanium 40 ?	42.	Nitrous oxide 17
25.	Cerium 45 ?	43.	Nitric acid 19
26.	Potash 42	44.	Oxynitric acid 26
27.	Soda 28	45.	Nitrous acid 31
28.	Lime 24	46.	Carbonic oxide 12.4
29.	Magnesia 17	47.	Carbonic acid 19.4
30.	Barytes 68	48.	Sulphurous oxide 20
31.	Strontites 46	49.	Sulphurous acid 27
32.	Alumine 13	50.	Sulphuric acid 34
33.	Silex 45	51.	Phosphorous acid 32
34.	Yttria 53	52.	Phosphoric acid 23
35.	Glucine 30	53.	Ammonia 6
36.	Zircon 45	54.	Olefiant gas 6.4
		55.	Carburetted hyd. 7.4
		56.	Sulphuret. hydr. 14
		57.	Supersulph. hydr. 27
		58.	Phosphuret. hydr. 10
		59.	Phosphur. sulph. 22
		60.	Superphos. sulph. 31

J. DALTON, *A New System of Chemical Philosophy*. 1808-1810, tome 1.
 « Table de symbole des atomes (éléments simples et composés) », Bibliothèque nationale, Paris Ph. © Bibl. nat.

NOTA. - Em inglês no original

Tal é a hipótese atômica na sua versão mais primitiva [Rocke, 1984]. Os átomos daltonianos têm apenas um vago parentesco com os seus homónimos antigos. Diferem pela sua definição: não são unidades mínimas de composição da matéria, mas sim unidades mínimas de combinação. Diferem também pela sua função: não se trata de explicar o visível complicado pelo invisível simples, como dirá mais tarde Jean Perrin, mas sim de resolver problemas de linguagem, de fórmulas e de classificação. Diferem igualmente dos corpúsculos newtonianos, pois não pressupõem nem o vazio nem a atracção e não têm a ambição de explicar as propriedades dos corpos simples em termos de uma arquitectura complicada, da qual os átomos seriam os constituintes últimos.

Mas o peso atómico é bastante sedutor. Em vez de determinar a composição de um corpo em proporções centesimais, o químico poderá daqui para a frente expressá-la em termos de átomos constituintes, estabelecendo uma ligação directa entre os dados experimentais e a sua interpretação. O peso atómico vem em boa altura ajudar a tarefa com que se confrontam os químicos: caracterizar, nomear, escrever e classificar uma população sempre crescente de substâncias simples e compostas. Pode pois prever-se-lhe um grande futuro.

Foi a hipótese de Dalton bem acolhida? Antes de Dalton publicar o seu *New System of Chemical Philosophy*, Thomas Thomson, professor em Glasgow, propagandeia a hipótese atômica, e proferiu a sua primeira exposição pública [Thomson, 1809, t. v]. É através da tradução do seu *Système de chimie* que o átomo é introduzido em França. Num longo prefácio à tradução, Berthollet denuncia a arbitrariedade das regras de simplicidade e previne contra as seduções de uma tal hipótese. O casamento das ideias inglesas e da química francesa inicia-se bastante mal.

Em 31 de Setembro de 1808, logo após a publicação do *New System of Chemical Philosophy* de Dalton, Gay-Lussac enuncia que «os volumes de gases que se combinam estão em proporções simples e que o volume da combinação formada está também numa proporção simples com a soma dos volumes dos gases componentes». Aos nossos olhos, os resultados obtidos de

cada lado da Mancha convergem de modo harmonioso. As proporções entre os volumes parecem confirmar as proporções ponderais. Mas Gay-Lussac recusa a hipótese de Dalton. E reciprocamente, Dalton contesta a lei de Gay-Lussac. Esta lei implicaria que o número de átomos num dado volume de gás fosse o mesmo que noutra qualquer volume. Ora, segundo a hipótese de Dalton, a formação de óxido de azoto, uma vez que se dá com volume constante, exige que o número de átomos de oxigénio e de azoto por unidade de volume antes da união seja igual, para o mesmo volume, à metade do volume dos átomos de hidrogénio e de azoto. Esta dificuldade, insuperável antes da distinção entre átomo e molécula de um corpo simples, instala um mal entendido durante alguns anos, que é afastado por Berzelius, por volta de 1819, quando ele explora conjuntamente a hipótese atômica de Dalton e a lei dos volumes de Gay-Lussac, para determinar um novo sistema de pesos atómicos.

Mas mesmo em Inglaterra as opiniões sobre a teoria de Dalton não eram unânimes. Certos químicos, prontos a reconhecerem os imensos serviços que pode prestar o peso atómico, não vêem nenhuma razão para estabelecer a hipótese dos átomos. Para quê aventurarem-se num terreno inacessível à experiência para estabelecer as proporções ponderais de combinação? Davy prende-se à expressão «peso proporcional». William H. Wollaston, que foi um dos primeiros discípulos de Dalton, decide substituir a expressão «peso atómico» pela de «peso equivalente». Prefere determinar todos os seus «pesos equivalentes» em relação à unidade de base O=100. No fundo, é apenas uma questão de convenção e a conversão não é difícil. Basta multiplicar por 1,25 os valores admitidos na base H=1. As duas palavras «equivalente» ou «atómico» são ainda quase sinónimas. E para as necessidades da química analítica basta o equivalente. O átomo é supérfluo.

A situação é de facto extraordinariamente complexa, porque o átomo daltoniano não apagou com um toque de varinha mágica o corpuscularismo do século XVIII. Apesar de os químicos se recusarem a pronunciar-se sobre a existência dos átomos, admitem contudo, na sua maioria, o átomo entre as noções fundamentais que se definem na introdução de um

tratado. Persiste o consenso newtoniano sobre a estrutura corpuscular da matéria'. Por exemplo, para Thénard não há qualquer dúvida que a matéria é formada por partículas, que se chamam indiferentemente corpúsculos, átomos ou moléculas. Se fossem conhecidos o seu peso, o seu tamanho e a força que preside às suas combinações, poder-se-iam deduzir todos os fenómenos químicos de modo geométrico. O programa de Buffon permanece tão actual que parece uma evidência indiscutível, quase um axioma da física e da química [Thénard, 1816, t. I]. Mas o átomo em si está fora do programa. Dá um horizonte filosófico à química, sem contudo preocupar o químico na sua prática quotidiana. J.-B. Dumas adopta outra solução, a qual relembra sobretudo a distinção de Limbourg entre os dois pontos de vista, físico e químico. Limbourg apresenta aos estudantes dois átomos: o átomo dos físicos, que corresponde a um ideal de ciência dedutiva, mecanicista, e o átomo dos químicos, que se inscreve num programa experimental de caracterização aritmética de cada substância [Dumas, 1837, «VI e VII lições»].

Quanto mais o átomo suscita discussões e debates, mais o peso equivalente ou atómico se tornam uma noção incontornável, indispensável a todos os químicos. Oferece, em primeiro lugar, um valor numérico que permite identificar de maneira positiva e precisa os diferentes corpos simples e ao mesmo tempo estabelecer comparações entre eles. Fornece também um meio de traduzir, através de fórmulas, as análises efectuadas no laboratório. Enfim, proporciona um teste relativamente seguro à disposição dos fabricantes para controlar as operações nas fábricas. Em alguns anos, todos os químicos concentram os seus esforços nesta noção. Como se tivessem sido planeadas, as

¹ Contrariamente a uma opinião generalizada, o positivismo não constituiu um obstáculo à aceitação do atomismo em França. Auguste Comte declara, em 1835, no seu *Cours de philosophie positive*, que o atomismo está em harmonia com o conjunto das noções científicas de todos os géneros e que generaliza ideias familiares, espontâneas. É certo que Comte considera bastante «feliz» e positiva a transformação da teoria atómica na teoria dos equivalentes, mas acrescenta logo que ela se reduz a «um simples artifício de linguagem, mantendo-se o pensamento real essencialmente idêntico.» [COMTE, 1830-1842, I, 611-613].

pesquisas convergem para um objectivo: determinar com uma precisão aceitável o valor do peso atómico, ou equivalente, de cada elemento conhecido.

A resposta à questão «quem define a precisão aceitável?» parece ser quase sempre unânime: Berzelius. O seu *Essai sur la théorie des proportions définies et sur l'influence chimique de l'électricité*, publicado em Estocolmo, em 1818, e logo traduzido em diversas línguas, constitui a norma adoptada pela maioria dos professores de química. Os seus pesos atómicos impõem-se a ponto de apagarem todos que os precederam. Depois de Berzelius, os tratados irão apenas até Wenzel e Richter: mencionarão apenas o nome de Dalton, mas todos recopiarão Berzelius.

Como é que um pequeno ensaio pôde marcar todo o saber de uma época? Este fenómeno de captura e de apropriação, comparável ao que fora provocado pela reforma da nomenclatura em 1787, resulta, em primeiro lugar, da nova escrita proposta por Berzelius. A notação de Dalton com círculos e pontos foi substituída por letras. A inicial, ou as duas primeiras letras, do nome latino de cada corpo simples representa o peso equivalente dessa substância e Berzelius introduz números como expoentes para indicar o número de vezes em que a quantidade ponderal designada pelo símbolo está presente no composto. Esta escrita está ainda hoje em uso. As modificações que sofreu consistem na supressão de certas convenções gráficas imaginadas por Berzelius para abreviar as fórmulas, e na transformação dos expoentes em índices¹.

A autoridade de Berzelius deriva também do programa que traça em 1818 e executa ao longo de toda a sua carreira: corrigir os pesos atómicos de Dalton. Realiza em cerca de 2000 corpos – principalmente óxidos e sais – uma série de experiências de análise, síntese, precipitação..., para determinar a sua composição exacta e o seu peso equivalente. A sua «tabela dos pesos atómicos», publicada em 1818, é continuamente revista e actual-

¹ Berzelius designa por vezes os átomos de oxigénio por pontos sobre símbolos do elemento que lhe está associado; a partir de 1827, representa dois átomos de um mesmo elemento por um símbolo com uma barra a um terço da altura. Por exemplo, a água: 2H + O escreve-se H e o dióxido de carbono C.