Newton e a Química

No Tri-centenário dos *Principia Mathematica*

A. M. Amorim da Costa ^a

1. Introdução

Em 1687, publicou Isaac NEWTON (1642-1727) os seus *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural), abreviadamente conhecidos por *Principia Mathematica* que seriam reeditados, pelo próprio autor, em 1713 e em 1726, com algumas emendas e adendas (ref. 1). Marco milenário da história das ciências e compêndio fundamental da síntese da ciência moderna emergente da revolução científica dos séculos XV-XVII, os *Principia Mathematica* são formados por três livros, onde a partir de um certo número de definições e axiomas que revelam pela primeira vez os conceitos básicos da mecânica, tais como força, movimento e massa, são enunciadas as três leis do movimento, fundamento da dinâmica clássica: a lei da inércia, a relação fundamental da dinâmica e a lei da igualdade da acção e da reacção.

O livro I trata dos movimentos dos corpos em meios sem resistência, nele se formulando a teoria matemática em que se baseia a mecânica celeste; o livro II trata dos corpos em movimento num meio resistente, isto é, nos fluidos; o livro III aplica as teorias mecânicas que estabeleceu aos problemas da astronomia, demonstrando a composição do sistema do Mundo.

No Prefácio de tão importante obra, diz o seu autor: «proponho este trabalho como princípios matemáticos da filosofia, já que o principal problema da filosofia parece ser este — investigar as forças da natureza a partir dos fenómenos do movimento, e depois, a partir dessas forças, demonstrar os outros fenómenos; (...) Gostaria que pudéssemos derivar o resto dos fenómenos da natureza pela mesma espécie de raciocínio a partir de princípios mecânicos, pois sou levado por muitas razões a suspeitar que todos eles podem depender de certas forças pelas quais as partículas dos corpos, por causas até aqui desconhecidas, são ou mutuamente impelidas umas para as outras, e convergem em figuras regulares, ou são repelidas e afastam-se umas das outras» (ref. 1-a), *Auctoris Praefatio ad lectorem*. Daqui se conclui que Newton depois de ter explicado os fenómenos celestes pela atracção universal exercida pela força da gravidade, uma força de longo-alcance, admitia a existência de idêntico tipo de forças, mas de curto alcance, que actuaria entre as partículas constituintes de todos os corpos. Quer dizer, depois de ter mostrado que são as mesmas as leis que presidem aos fenómenos celestes e aos fenómenos terrestres, as leis que governam o movimento dos planetas e as leis que governam a queda de qualquer corpo à face da terra, englobando os planetas e o mais pequeno dos seixos no mesmo esquema compreensivo das coisas e tornando

definitivamente obsoleta a distinção de Aristóteles entre um mundo sublunar e um mundo supralunar regidos por leis diferentes, Newton confessa-se convicto de que seriam também as mesmas as leis que presidem aos fenómenos galácticos e as leis que presidem aos fenómenos químicos, a nível da composição última da matéria.

Porque esta convicção informa toda a sua teoria da matéria, é no âmbito dela que deve ser analisado o seu principal contributo para o desenvolvimento da Química moderna.

2. Newton e a Química

Carácter imensamente reservado e tímido, antes e depois de ter ocupado a cátedra de matemática do culto e viajado Isaac Barrow (1630-1677), na Universidade de Cambridge, Newton nutriu sempre particular interesse por trabalhos de física, química, alquimia, cosmologia bíblica e teologia.

Dos seus escritos, depreende-se facilmente que Newton leu devotadamente os mais afamados tratados alquimistas então conhecidos, citando muitos deles, nomeadamente os escritos de Abraão, o Judeu, de Basílio Valentim, de Bernardo-o-Trevisano, de Flamel, de Maier, de Sendivogius, etc. (ref. 2). Muito provavelmente, o seu principal interesse pela alquimia terá tido por base o facto de esta ser para ele uma espécie de química fundamental; terá procurado nos textos, figuras e símbolos alquímicos princípios químicos que pudessem ser postos em prática no laboratório, aceitando sem grandes objecções muito da filosofia alquimista do universo.

Muito concretamente, referindo-se à possibilidade da transmutação dos metais, na sequência da sua concepção relativa à composição última da matéria, a que faremos referência mais adiante, Newton defendeu que tal fenómeno ocorre no seio da terra, sob acção de processos naturais para os quais não tinha explicação, notando que «a matéria de todas as coisas é uma só e a mesma, que se transmuta em formas sem conta por operações da natureza» (ref. 3, pg. 341).

Considerando ainda a mesma possibilidade, na única publicação em que abordou especificamente assuntos de química, datada de 1692 e intitulada *De Natura Acidorum* (Da Natureza dos Ácidos), Newton refere-se a diversas tentativas infrutíferas no sentido de transmutar alguns metais em ouro por recurso a alguns ácidos, v.g., a água régia: «a Água Régia — diz ele — pode penetrar até aos Poros do Ouro e do Estanho que

^a Departamento de Química, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra.

existem entre as partículas da sua composição última, mas não consegue ir mais além... Se as partículas da primeira, ou talvez da segunda composição do ouro pudessem ser separadas, ... ele poderia ser transformado em qualquer outro corpo» (ref. 4, pg. 258).

Com esta citação somos levados à concepção de Newton relativa à estrutura da matéria, patente e expressa em vários dos seus escritos, com particular realce para o seu tratado sobre óptica (ref. 5).

Filosofando sobre a estrutura da matéria, Newton é um partidário das filosofias atomistas, com influência nítida dos antigos atomistas gregos, e dos primeiros atomistas da ciência moderna, com Boyle, Descartes, Gassendi e vários outros à cabeça (ref. 6). De facto, segundo Newton, toda a matéria seria, em última análise, constituída por partículas extremamente pequenas, imutáveis, com formatos e tamanhos diversos: «consideradas todas estas coisas, parece-me provável que Deus no Princípio formou a Matéria com Partículas sólidas, compactas, duras, impenetráveis e móveis, de Tamanhos e Figuras e outra Propriedades, e Proporção relativamente ao Espaço, tais que melhor servissem o Fim para o qual as formou; e que estas Partículas primitivas sendo sólidas, são incomparavelmente mais duras que quaisquer Corpos porosos delas compostos; de tal modo duras que nunca se rompem nem desfazem em bocados; nenhum Poder ordinário é capaz de dividir o que o próprio Deus fez uno aquando da Criação» (ref. 5, pg. 400).

Combinando-se entre si e com porções de espaço vazio entre elas, as partículas primitivas dariam origem a partículas maiores que por novas combinações entre si e com outras porções de espaços vazios e/ou com outras partículas primitivas, acabariam por dar origem às diversas espécies de matéria visível e invisível. Neste processo de associação, para formarem os diversos corpos naturais, «estas partículas não se juntam simplesmente como um montículo de pedras, mas coalescem com a forma de estruturas dotadas de elevado grau de regularidade, semelhantes a estruturas artísticas, como acontece na formação da neve e dos sais» (ref. 3, pg. 341).

As experiências e observações de Newton relativas aos fenómenos foram por ele usadas como suporte experimental destas suas especulações sobre a natureza última da matéria. Por esta razão, não surpreende que a maioria das considerações de Newton sobre a constituição da matéria se encontrem no seu tratado sobre óptica, como acima referimos. Tal como os corpos naturais, também a luz, uma *substância* e não simples *qualidade* dos corpos (ref. 4, pg. 57) seria constituída, em última análise, por partículas. O facto de muitos corpos *aparentemente* sólidos (v.g., o vidro) serem transparentes, isto é, permitirem a passagem através de si das partículas luminosas, era para Newton uma explicação plausível da formação dos mesmos a partir das partículas primitivas, segundo o processo de combinação acima descrito, com lugar para grande número de poros (ref. 1, Lib. I, prop. XCVI, th. L).

O agregado formado a partir das partículas primitivas em que consistem os corpos naturais, seria estável devido a forças de curto alcance actuantes através dos espaços vazios entre as partículas constituintes.

A observação e determinação exacta dos movimentos dos astros permitira a Newton estabelecer relações quantitativas associadas à natureza das forças gravitacionais de longo alcance. Porque lhe não era possível observar e determinar o movimento das partículas

constitutivas dos corpos, não lhe era possível pronunciar-se conclusivamente sobre a natureza das forças de curto alcance que entre elas actuam. Impunha-se «continuar a investigar diligentemente as suas causas e propriedades» (ref. 3, pg. 341).

Entretanto, numa base meramente especulativa e conjectural, admitia que as transformações químicas eram governadas pela acção dessas forças de curto alcance cuja consideração permitiria dar um tratamento quantitativo aos estudos químicos. Neste sentido, considerava que quanto menores fossem os agregados de partículas primitivas, maiores seriam as forças atractivas entre elas e, consequentemente, maior seria a coesão desses agregados. Com o crescimento dos agregados de partículas, por junção de agregados mais pequenos e maior número de espaços vazios entre os elementos constituintes, menor se tornaria a coesão do agregado formado. Deste modo, os corpos naturais seriam constituídos por sucessivos níveis de agregação, em que as forças de coesão cresceriam drasticamente dos mais externos para os mais internos.

Os agentes químicos usuais actuariam tão somente sobre corpos cuja composição compreendesse partículas relativamente grandes de tal sorte que a coesão da sua composição mais externa fosse relativamente pequena e, por consequência, facilmente vulnerável à acção dos mesmos. Por exemplo, o que caracteriza o ouro, ou qualquer outro metal, não seria a natureza intrínseca das partículas primitivas da sua primeira composição, mas a *configuração particular* resultante dessa mesma primeira composição que seria ditada fundamentalmente pelo formato e tamanho das partículas constituintes. Tal composição primeira das partículas constituintes seria dotada de tão elevada coesão que as reacções químicas «normais» não conseguiriam nunca afectá-la. Para a modificar seria preciso recorrer a processos extraordinários que não estão ao alcance das operações químicas do dia a dia de qualquer cientista, embora se trate de operações que ocorrem naturalmente, no seio da terra, ao longo de gerações e gerações.

As propriedades do ar (nomeadamente, a sua expansão sob a acção do calor e a asserção de que o seu volume é inversamente proporcional à pressão sobre ele exercida, asserção esta que — segundo o próprio Newton — Hooke havia provado experimentalmente) (ref. 3, pp. 223-225); a acção da água régia sobre o vitriolo; a acção do vitriolo ou da água régia sobre o sal comum ou nitro, ou sobre o ferro; a acção do ferro sobre o enxofre; a solubilização da prata ou do ouro pela água régia; a mistura de várias substâncias e a insolubilidade de outras, seriam alguns dos fenómenos químicos que Newton tentou explicar baseado nas forças que actuariam entre as partículas primitivas e seus agregados, forças essas que atingiriam distâncias tão pequenas que escapariam à nossa observação (ref. 7, pg. 136).

A teoria das *Afinidades Químicas* que tanta influência teve no desenvolvimento da química do século XVIII e princípios do século XIX, baseia-se fundamentalmente no projecto de Newton que acabámos de referir que tinha por objectivo a «investigação diligente das causas e propriedades» das forças de curto alcance responsáveis pela agregação das partículas primitivas na sua constituição dos corpos naturais.

De facto, com origem na dinâmica newtoniana estabeleceram-se paradigmas estruturais da matéria conducentes à criação de modelos interpretativos dos comportamentos químicos com base nas atracções e repul-

sões provocadas pelas forças de curto alcance inerentes à matéria. Embora o seu cálculo não fosse de imediato possível, antevia-se e afirmava-se a sua futura execução (ref. 8).

A afinidade química era, precisamente, a força com a qual os corpos de natureza diferente tendiam a combinar-se sob a acção de tais atracções e repulsões, medindo a tendência dos mesmos para reagir ou não entre si (ref. 9). De Geoffroy (1672-1731), com a sua *Table des Rapports*, publicada em 1718 (ref. 10), a Guyton de Morveau (1737-1816), com o seu tratado *Affinité*, publicado na *Encyclopédie Méthodique*, em 1786 (ref. 11), são numerosos os estudos experimentais que visam classificar as substâncias segundo a ordem relativa das suas afinidades, de maneira que as substâncias com maior afinidade seriam capazes de deslocar todas as de afinidade menor em compostos em que estas estivessem presentes. Para explicar e prever o comportamento químico das substâncias, organizaram-se, então, *Tabelas de Afinidades* e cuidou-se afanosamente do estabelecimento das leis segundo as quais se regeria o comportamento da afinidade química, de acordo com o estado físico das substâncias intervenientes, das suas concentrações e temperatura, no decurso dos variados tipos de transformações químicas.

Caberia à chamada *lei das proporções definidas*, formulada por John Dalton (1766-1844), em 1808 (ref. 12), mostrar que o paradigma das afinidades químicas definido exclusivamente na base duma atracção/repulsão newtoniana entre partículas, dependente apenas da massa e da distância entre as mesmas, era insuficiente para explicar a composição quantitativa das combinações químicas, composição esta que constituía o chamado *aspecto electivo* da afinidade química. Com efeito, muito mais que da massa e da distância das substâncias reactivas, a experiência mostrava que a composição quantitativa das reacções químicas dependia fundamentalmente das circunstâncias em que as mesmas se dessem, isto é, a experimentação analítica favorecia o princípio das proporções definidas de Dalton. O paradigma das afinidades químicas exigia um ajustamento. O tratamento quantitativo dos fenómenos químicos necessário ao estabelecimento da química como disciplina científica via-se forçado a não se circunscrever à tentativa de quantificação das forças entre partículas, na simples realização do projecto decorrente das teorias de Newton.

O paradigma das afinidades químicas de raiz e origem newtoniana seria substituído pelo paradigma do atomismo de Dalton em que a matéria era tratada como composta, em última análise, por átomos imutáveis que diferem entre si pelo seu *peso*. A cada elemento distinto corresponderiam átomos com *peso* característico, isto é, específico desse elemento. Da combinação de átomos resultariam as moléculas, unidades básicas dos compostos químicos. O interesse pelo estudo de *Tabelas de Afinidades Químicas* daria lugar a um redobrado interesse pelo estudo de *Tabelas de pesos Atómi-*

cos. Para trás ficava o projecto de Newton de quantificação dos fenómenos químicos a partir da «investigação diligente das causas e propriedades» das forças de curta distância entre as partículas constituintes dos corpos, numa afirmação da Química como um ramo da Física e na prossecução de um programa geral de explicar todos os fenómenos da natureza, dos fenómenos celestes aos fenómenos químicos, em termos das forças actuantes entre os corpos.

Sem ignorar a importância do tratamento quantitativo decorrente do programa newtoniano, o paradigma do atomismo de Dalton orientaria o tratamento quantitativo dos fenómenos químicos, primordialmente, para o estabelecimento das regras de combinação química a partir do reconhecimento da importância fundamental dos *pesos* relativos dos diversos tipos de átomos. Este tratamento foi bem sucedido. Nele a Química afirmou-se, no seu desenvolvimento histórico subsequente, cada vez mais, como disciplina verdadeiramente científica, autónoma e independente da Física. Todavia, de modo algum, esse desenvolvimento factual pode ser tomado como prova da não-viabilidade histórica do projecto de Newton.

NOTAS

- (1) — a) — Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Londres, 1867, Apud Josephi Streater, Typ., 1.^a edição; b) — Idem, *Cantabrigiae*, 1713, 2.^a edição; ec) — Idem, Londres, 1726, Apud Guil. & Hoh. Innys Typ., 3.^a edição.
- (2) — F.S. Taylor, *An Alchemical work of Sir Isaac Newton*, Ambix, vol. V (1956), pp. 59 ss; R.J. Forbes, *Was Newton an Alchemist?*, Chymia, vol. 2 (1949), pp. 27 ss.
- (3) — *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton* (Ed. A.R. Hall and M.B. Hall, Cambridge Univ. Press, Londres, 1962).
- (4) — *Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy* (Ed. I.B. Cohen and R.E. Schofield, Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass., 1958).
- (5) — Isaac Newton, *Opticks: or, Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, Londres, 1704. Este tratado foi reeditado, em vida do autor, em 1718 e em 1721. As transcrições usadas no presente trabalho referem-se à reedição de 1952 (Dover Publ. Inc., Nova Iorque).
- (6) — É vasta a bibliografia sobre o atomismo de Newton. Aqui deixamos alguns títulos: A.J. Snow, *Matter and Gravity in Newton's Physical Philosophy*, Londres, 1926; H. Guerlac, *Newton and Epicure*, Paris, Palais de la Découverte, 1963; R.H. Kargon, *Atomism in England from Hariot to Newton*, Oxford. Clarendon Press, 1966; A. Koyré, *Newtonian Studies*, Londres, Chapman & Hall, 1965; G.D. Goehring, *Isaac Newton's Theory of Matter*, J. Chem. Educ., vol. 53 (1976), pp. 423 ss.; W.J. Green, *Models and Metaphysics in the Chemical theories of Boyle and Newton*, J. Chem. Educ., vol. 55 (1978), pp. 434 ss.
- (7) — *Newton's Philosophy of Nature — Selections from his writings* (Ed. H.S. Thayer, Hafner Press, Nova Iorque, 1953).
- (8) — J. Freind, *Praelectiones Chymicae*, Londres, 1709.
- (9) — T.H. Levere, *Affinity and Matter*, Oxford, 1971.
- (10) — E.F. Geoffroy, *Mem. Acad. Roy. Sci.*, 1718, pp. 202-212.
- (11) — L.B. Guyton de Morveau, artigo *Affinité* in *Encyclopédie Méthodique*, Paris, 1786, pp. 535-613. Este artigo foi traduzido para português por Thomé Rodrigues Sobral, tendo sido editado em Coimbra, na Real Imprensa da Universidade, com um prefácio do tradutor, em 1793, sob o título *Tractado das Afinidades Chímicas*.
- (12) — J. Dalton, *New System of Chemical Philosophy*, Manchester, 1808-1810, vol. I, Part. I, pp. 211-220.