

DO ÁTOMO-FILOSÓFICO DE LEUCIPO AO ÁTOMO-CIENTÍFICO DE DALTON

José Maria Filardo Sassale
Instituto de Física da UFFA

A Física das Partículas Elementares procura os elementos fundamentais do Universo em que vivemos. Há mais de 25 séculos atrás, os gregos, principalmente os chamados pré-socráticos¹, tentaram encontrar esses elementos fundamentais, verdadeiros "tijolos" que compõem a estrutura do Universo. Assim, Tales de Mileto (filósofo grego, 624-546) afirmava que o elemento primordial do Universo era a água, "sobre a qual a Terra flutua e é o começo de todas as coisas", enquanto que para Anaximandro (filósofo grego, 610-~546) a substância constituinte do Universo era mais indefinida do que a de Tales, pois considerava ser o apeiron (infinito, em grego) tal substância. Já Anaximenes (filósofo grego, ~570 - ~500), discípulo de Anaximandro, achava que o ar seria o tal elemento primordial de vez que ele, ar, se reduziria à água por simples compressão. No entanto, para Xenófanes (filósofo grego, ~570-~460) era a terra o elemento fundamental da natureza. Heráclito (filósofo grego, ~540-~480), provavelmente o criador da dialética, através de sua filosofia acerca da eterna transformação - a filosofia da identidade dos contrários -, acreditava ser o fogo o elemento essencial do Universo. O racionalista Anaxágoras (filósofo grego, ~500-~428) acreditava ser o Universo decorrente da ação de uma razão abstrata sobre as sementes (homeomerias), que seriam as matérias primas constituintes de todas as espécies imagináveis, antecipando-se, assim, à idéia atomística do Universo.

A concepção de que o Universo era formado por átomos (indivisíveis, em grego) foi defendida por Leucipo (filósofo grego, ~460 - ~370), que foi, provavelmente, o primeiro a estabelecer o princípio da causalidade; por Demócrito (filósofo grego, ~470 - ~380), para o qual os átomos diferiam uns dos outros em suas características físicas, explicando, com essa diferença, as diversas propriedades das substâncias; e por Epicuro (filósofo grego, 341 - 270) cujo mecanismo atomístico era a base de sua filosofia. O atomismo foi levado até as últimas consequências por Lucrecio (filósofo e poeta romano, ~95-~55) pois acreditava serem todos os objetos da natureza, até os imateriais, como a mente e a alma, constituídos de átomos. Parece ter sido Lucrecio o primeiro a escrever Física, no sentido atual do termo, em verso², pois o atomismo foi desenvolvido em hexâmetros em seu livro *De*

Rerum Natura, publicado no ano de 56 a.C. Doze séculos depois Robert Grosseteste (Erudito inglês, ~1175 - 1258) retomaria a concepção unitária do Universo ao considerar a luz como sendo sua substância primordial. Até aqui, notamos que as primeiras preocupações documentadas do homem eram procurar o elemento fundamental da natureza.

A pluralidade dos elementos fundamentais componentes do Universo começa com Empédocles (filósofo grego, ~490 - ~430) ao admitir que eram em número de quatro esses elementos: água, ar, terra e fogo. Segundo Empédocles, esses elementos ou raízes se combinariam de várias maneiras para formar todas as coisas. Platão (filósofo grego, ~428 - ~348) no *Tímaeus*, afirma que esses quatro elementos são corpos e os relaciona com os poliedros regulares, descobertos por Pitágoras (filósofo grego, ~582 - ~497), da seguinte maneira: água - icosaedro; ar - octaedro; fogo - tetraedro e terra - hexaedro. Ainda, para Platão, o quinto poliedro regular conhecido, o dodecaedro, simboliza o Universo como um todo.

Essa concepção quaternária da natureza seria retomada por Aristóteles (filósofo grego, 348 - ~322), porém seus elementos fundamentais do Universo os Essenciais - seriam: frio, quente, úmido e seco que, agrupados dois a dois, reproduziriam os elementos de Empédocles da seguinte forma: seco e frio daria a terra; seco e quente, o fogo; úmido e frio, a água; e úmido e quente, o ar. No entanto, para Aristóteles esses elementos comporiam apenas as coisas da Terra e da Lua, sendo que o espaço celeste seria formado de uma quinta essência - o éter. Para Kanada (filósofo hindu, ~ a.C.), além dos quatro elementos gregos eram necessários mais quatro: tempo, espaço, alma e manas, sendo este último o responsável pela transmissão dos sentidos à alma. Devemos aqui salientar que o tempo e o espaço constituem bases do espaço físico. Dado o caráter religioso do pensamento dos hindus, eles acreditavam que a alma também seria um elemento, pois todo o corpo vivo teria uma alma e a ligação, a interação, entre o corpo vivo e a alma seria feita através do elemento manas. Os chineses, por sua vez substituíram o par ar-terra, grego, pelo par madeira-metal. É preciso observar que esses elementos primordiais não eram encontrados normalmente na natureza, pois, por exemplo, a água que bebiam, era uma composição dos elementos água, ar e terra, água essa que absorve o ar e dilui o sal da terra. Esses elementos tinham uma conotação mais ampla, subjetiva mesmo, pois os sentimentos humanos eram explicados através de uma combinação adequada dos mesmos³. Até aqui, notamos que a tentativa de "materializar" a alma e o sentimento que são entes abstratos, trouxe inúmeros problemas aos pensadores da época.

Na Idade Média, Paracelso (médico e alquimista suíço, 1493 - 1541), o descobridor do antimônio (1537), divulgou no Ocidente, as idéias dos árabes nas quais os elementos principais do Universo deveriam encontrar-se em princípios ou qualidades das substâncias e não nas substâncias em si. Assim, o enxofre seria o princípio da combustão (fogo), o sal era o resultado da calcinação (terra) e o mercúrio estava ligado ao elemento líquido (água) e seria, também, a parte esencial de todos os metais. Segundo os alquimistas árabes, os metais resultariam de combinações diferentes entre o enxofre e o mercúrio, principalmente o ouro, sendo a descoberta dessa combinação, o grande sonho dos alquimistas, a conhecida pedra filosofal. Aparentemente, Paracelso procura justificar as idéias de Empédocles.

A passagem da Alquimia para a Química, como ciência, foi feita por Robert Boyle (físico e químico inglês, 1627 - 1691) com a publicação, em 1661, de seu célebre livro *The Sceptical Chemist*, no qual se encontra uma definição inteiramente nova de elemento, acabando com o misterioso elemento impalpável e imaterial dos gregos, chineses, romanos e árabes, passando a ser, para Boyle, um componente concreto de um corpo. O conceito de elemento boyleano só seria modificado com a descoberta da radioatividade⁴, pois esta indicava que o elemento químico de Boyle não era a forma mais simples da matéria, já que, o mesmo, podia emitir, de seu interior, outras partículas⁵.

A idéia do átomo como uma partícula indivisível da matéria, porém como objeto de especulação metafísica, conforme vimos anteriormente, permaneceu até o começo do século XIX quando surgiu o atomismo científico. Anteriormente, no fim do século XII, Maimônides (filósofo judeu, 1135 - 1204) admitia que não só a matéria era constituída por átomos, mas, também o espaço⁶ e o tempo, sendo este último constituído de elementos atômicos chamados de intervalos ou agora, e que os átomos, com todas as suas qualidades, eram continuamente criados por Alá. Também Pierre Gassendi (filósofo francês, 1592 - 1655) utilizaria a teoria atômica grego-romano-árabe para fundamentar seu sistema filosófico.

O atomismo científico aparece com John Dalton (químico inglês, 1766 - 1844) em seu célebre livro *New Systems of Chemical Philosophy*, publicado em 1808, no qual desenvolveu algumas idéias que tivera alguns anos antes. Influenciado pela "lei das proporções definidas", enunciada por Joseph Louis Proust (químico francês, 1754 - 1826) em 1799, segundo a qual os elementos químicos só se combinam para formar um composto, se seus pesos forem bem definidos, Dalton, em 1803, desenvolveu uma idéia segundo a qual esses pesos eram múltiplos de uma grandeza fundamental, o peso atômico de cada elemento. Pela pri-

meira vez a palavra átomo era utilizada para fundamentar uma teoria científica e não uma filosofia.

Mais tarde, em 1809, Joseph Louis Gay-Lussac (químico francês, 1778 - 1850) descobriria a lei segundo a qual a combinação de gases era decorrente de uma proporção múltipla entre os volumes e não entre os pesos dos componentes. Assim, segundo Gay-Lussac dois volumes de Hidrogênio se combinariam com um volume de Oxigênio para formar dois volumes de vapor de água. A controvérsia entre as leis de Dalton e de Gay-Lussac só seria resolvida com a hipótese de Amedeo Avogadro (físico italiano, 1776 - 1856) em 1811. Avogadro ao fazer a distinção entre um átomo e um conjunto de átomos para o qual chamou de molécula⁷, formulou a hipótese de que nas mesmas condições de pressão e temperatura, volumes iguais de gases contêm o mesmo número de moléculas. Com essa hipótese, Avogadro explicou a lei de Gay-Lussac dizendo que, no caso da água, duas moléculas de Hidrogênio ($2H_2$) combinavam-se com uma de Oxigênio (O_2) para formar duas moléculas de vapor de água ($2H_2O$).

Como a hipótese de Avogadro não foi levada em consideração pelos maiores químicos de sua época, entre eles Dalton e Jons Jakob Berzelius (químico sueco, 1779 - 1848), este o autor da simbologia atual usada para representar os elementos e os compostos químicos, durante muito tempo se fez confusão entre peso atômico e peso molecular. Por não aceitar a hipótese de Avogadro, Dalton errou no cálculo do peso molecular do Oxigênio, achando 8 quando deveria ser 16. Somente em 1858, Stanislao Canizzaro (químico italiano, 1826 - 1910) utilizando a lei de Gay-Lussac e a hipótese de Avogadro, estabeleceria definitivamente a tabela dos pesos atômicos e moleculares de vários gases, tabela essa que levaria os químicos a procurarem uma relação entre os pesos atômicos e propriedades físico-químicas dos elementos. Assim, Dmitri Ivanovich Mendeleiev (químico russo, 1834 - 1907) em 1869, e Julius Lothar Meyer (químico alemão, 1830 - 1895) em 1870, chegaram, independentemente, à tabela periódica dos elementos⁸ segundo a qual os elementos químicos conhecidos na época e em número de 63, poderiam ser agrupados seguindo a sequência: 2, 8, 8, 18, 18, 36 indicando cada período, o número de elementos que apresentavam as mesmas propriedades químicas. Utilizando a tabela periódica, Mendeleiev conseguiu prever a existência de outros elementos químicos além dos então conhecidos, sendo que alguns deles foram ainda descobertos na última metade do século passado⁹.

NOTAS

(1) Os fragmentos e/ou a doxografia das obras dos filósofos pré-socráticos podem ser vistos em *Os filósofos pré-socráticos*, tradução de Gerd A. Bornheim, editado pela Cultrix (1972). É oportuno chamar atenção para o fato de que esse nosso trabalho não pretende ser um estudo evolutivo das idéias, relativa à teoria das partículas elementares, uma vez que, nossa intenção é fazer apenas uma crônica no sentido de Derek de Solla Price (*A Ciência desde a Babilônia*, Editora Itatiaia Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo, 1976), ou seja: "uma mera sequência de quem fez o que, quando e como". Sobre esse estudo evolutivo acima referido, o leitor poderá consultar livros especializados sobre Filosofia da Ciência, História da Filosofia, História da Ciência, etc..

(2) Outros poetas e escritores utilizaram ou mesmo anteciparam algumas teorias ou idéias físicas em suas obras. Por exemplo, Dante Alighieri (poeta italiano, 1265 - 1321) em *La Divina Commedia* (1307 - 1321) utiliza o modelo planetário de Ptolomeu (150 d.C.) para descrever sua ascensão, juntamente com Beatriz, ao Paraíso, composto de nove céus que eram as esferas concêntricas do modelo ptolomaico. Luís Vaz de Camões (poeta português, 1524 - 1580) em *Os Lusíadas* (1572), narra as aventuras do navegador português Vasco da Gama, utilizando, ainda, o modelo ptolomaico. John Milton (poeta inglês, 1608 - 1674) em *The Paradise Lost* (1665) criticou, no livro VIII desse poema, os modelos planetários, principalmente a adoção de epiciclos, quer no modelo de Ptolomeu, quer no modelo de Copérnico (1543). Johan Wolfgang Von Goethe (escritor alemão, 1749 - 1832) em *Farbenlehre* (1810) criticou a teoria de Newton sobre a dispersão da luz solar em prismas (Victor Weisskopf, *Physics Today*, January 1977). Também Robinson Jeffers (poeta norte-americano, 1887 - 1962) em *Thurso's Landing* (1932), refere-se à decomposição espectral da luz vinda das estrelas (H. Artur Klein, *Physics Today*, January 1977). Segundo Rolf M. Sinclair (*Physics Today*, October 1977), Richard Wagner (compositor alemão, 1813 - 1883) teria antecipado as idéias da relatividade de Einstein à respeito do espaço-tempo, no Ato I de seu *Parsifal* (1882). Também Lewis Carroll (escritor inglês, 1832 - 1898) em *Alice's Adventures in Wonderland* (1865), talvez tenha antecipado a idéia de descontinuidade do espaço proposto por Wheeler (vide nota 6) ao fazer o gato Cheshire desaparecer em um lugar e instantaneamente reaparecer em outro. Veremos mais adiante (Cap. 5) ao estudarmos as partículas chamadas quarks que esse nome foi dado por Gell-Mann para homenagear James

Joyce (poeta e escritor irlandês, 1822 - 1941), pois, em uma das estrofas de uma canção de seu livro *Finnegan's Wake* (1939) lê-se: "Three quarks for Master Mark". É claro que esses exemplos mostram que existe uma certa relação entre FÍSICA e POESIA, que poderá ser analisada em trabalho futuro.

(3) A concepção subjetiva dos elementos gregos está bem estudada por Gaston Bachelard (filósofo francês, 1884 - 1962) em sua vasta obra, principalmente nos livros: *La psychanalyse du feu* (1938); *L'eau et les rêves: Essai sur l'imagination de la matière* (1942); *L'air et les songes: Essai sur l'imagination du mouvement* (1943); *La terre et les rêveries de la volonté: Essai sur l'imagination des forces* (1948); *La terre et les rêveries du repos: Essai sur l'imagination de l'intimité* (1948). De maneira sucinta podemos dizer que o fogo corresponde a tudo aquilo que nossa mente percebe como forte e plasmador; água corresponde a tudo que seja fraco e plasmável; terra, a tudo aquilo que é passado e imutável; ar, tudo aquilo que é leve e mutável.

(4) A radioatividade foi descoberta em 1896 (R01), por Antoine Henri Becquerel (físico francês, 1852 - 1908); Prêmio Nobel de Física, 1903) ao procurar entender a natureza dos raios-X que Wilhelm Konrad Roentgen (físico alemão, 1845 - 1923; Prêmio Nobel de Física, 1901) havia descoberto em 1895 (R02). Os primeiros elementos naturais radioativos, tais como o Rádio e o Polônio, foram isolados por Pierre Curie (físico francês, 1869 - 1906; Prêmio Nobel de Física, 1903) e Marie Sklodowska Curie (física-química polonesa-francesa, 1867 - 1934; Prêmio Nobel de Física, 1903; Prêmio Nobel de Química, 1911), em 1898 (R03). O nome de radioatividade foi dado pela Madame Curie. A radioatividade artificial foi descoberta pelo casal Joliot-Curie, em 1934 (R04).

(5) Em 1897, Rutherford mostrou que a radiação de Urânio observada por Becquerel era constituída de "raios moles" (partícula alfa) e de "raios duros" (partícula beta). Em 1899 (R05), Becquerel mostrou que as partículas beta eram partículas carregadas negativamente e, em 1909 (R06), Rutherford e Thomas Royd (físico inglês, 1884 - 1955) mostraram que a partícula alfa nada mais é do que o núcleo do Hélio. Em 1900 (R07), Paul Ulrich Villard (físico francês, 1860 - 1934) encontrou uma terceira espécie de radiação emitida pelas substâncias radioativas, mais penetrantes do que as "radiações" alfa e beta e que, no entanto, não eram desviadas por campos elétricos ou magnéticos, radiação essa que recebeu o nome de gama. Assim, um material radioativo pode se desintegrar ou decair segundo os processos alfa, beta e gama.

(6) A idéia da descontinuidade do espaço seria retomada por John Archibald Wheeler (físico norte-americano, 1911-) segundo a qual o espaço seria multiplamente conexo, sendo as propriedades físicas dos corpos decorrentes da conexão entre buracos do espaço, chamados por Wheeler, de buracos de minhoca ("wormholes").

(7) Segundo Landau e Kitaigorodski (*La Physique à la portée de tous*, Editions Mir, 1966), Gassendi teria utilizado, em 1647, pela primeira vez a palavra molécula para representar um conjunto de átomos.

(8) A idéia de agrupar os elementos segundo seus pesos atômicos já o correria a Alexandre-Émile Beguyer de Chancourtois (geólogo francês, 1820 - 1886), em 1862, e a Joan Alexandre Reina Newlands (químico inglês, 1838 - 1898), em 1865. Ao observar que as propriedades químicas dos elementos pareciam repetir-se para cada grupo de sete elementos, Newlands anunciou a "lei das oitavas", por analogia com a escala musical.

(9) O Gálio foi descoberto em 1874 por Paul Émile Lecoq Boisbaudran (químico francês, 1838 - 1912), nome dado em homenagem à Gália; o Escândio foi descoberto em 1876 por Lars Fredrik Nilson (químico sueco, 1840 - 1899), nome dado também em homenagem à Escandinávia; e o Germânio foi descoberto em 1886 por Clemens Alexandre Winkler (químico alemão, 1838 - 1904), cujo nome homenageia a Alemanha. Esses três elementos foram previstos por Mendeleiev com os nomes respectivos de: eka-alumínio; eka-boro e eka-silício.

REFERENCIAS

- (R01) - Becquerel, A.H., *Comp. Rend.*, 112, 420 (1896).
- (R02) - Roentgen, W.K., *Sitz. der Wurzb. Phys. Med. Gess.* (1895).
- (R03) - Curie, P. and Curie, M.S., *Comp. Rend.*, 127, 175 (1898).
- (R04) - Curie, I. and Joliot, F., *Comp. Rend.*, 198, 1254; *Nature*, 133, 201 (1934).
- (R05) - Becquerel, A.H., *Comp. Rend.*, 129, 996 (1899).
- (R06) - Rutherford, E. and Royds, T., *Phil. Mag.*, 17, 281 (1909).
- (R07) - Villard, P.U., *Comp. Rend.*, 130, 1178 (1900).

* Este artigo é a primeira parte do trabalho "Crônica das Partículas Elementares" que se encontra à disposição dos interessados com o editor desta revista.