

Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química

Letícia S. Pereira e José Luís P. B. Silva

O conceito de átomo é de grande relevância para a Química, podendo ser considerado um dos mais fundamentais desta ciência. Todavia, a teoria atômica foi duramente combatida ao longo da História, se estabelecendo como consenso científico apenas no início do século XX. Tal oposição não se reflete nos livros didáticos, nos quais o ensino dos modelos atômicos permanece omitindo esses conflitos. Este artigo discute aspectos pontuais da história do antiatomismo que consideramos importantes para o Ensino de Química, apresentando as posturas antiatomistas de cientistas e filósofos em alguns períodos históricos. Desse modo, pretendemos contribuir para um ensino dos modelos atômicos que leve em conta as controvérsias científicas.

► antiatomismo, controvérsia científica, ensino de química ◀

19

Recebido em 24/05/2017, aceito em 17/10/2017

A ideia de átomo é tão importante para a Química que é difícil não associá-la imediatamente a essa ciência. Seja nas pesquisas sobre síntese orgânica, nanomateriais ou química computacional; seja no arcabouço conceitual mais básico dessa ciência, como os conceitos de valência, estrutura molecular, ligação química, dentre outros; a Química moderna está ancorada na ideia de átomo e nos diferentes modelos construídos para essa entidade teórica.

No Ensino de Química, a temática dos Modelos Atômicos talvez seja aquela em que considerações histórico-filosóficas apareçam de maneira mais explícita, dada a necessidade de compreender o desenvolvimento das ideias atomistas sobre a constituição da matéria. Buscando atingir objetivos de aprendizagem, os professores geralmente recorrem aos livros didáticos, que acabam se tornando uma fonte histórica sobre este tema.

Até sua aceitação no início do século XX, a existência dos átomos e o valor da teoria atômica foram duramente questionados e muitas vezes rejeitados por diversos cientistas e filósofos. Tais críticas desempenharam um papel importante, pois possibilitaram o aperfeiçoamento dessa teoria. Ignorar tais críticas ao atomismo pode dificultar o processo de compreensão do valor e do alcance dessa teoria científica por parte dos estudantes.

Contudo, tais textos pouco abordam, senão ignoram, os debates ocorridos ao longo dos séculos sobre a realidade atômica e sua confiabilidade (Navarro *et al.*, 2015). Assim, a despeito de sua importância, a ideia de átomo geralmente é apresentada de maneira pouco crítica nas aulas de Química.

Até sua aceitação no início do século XX, a existência dos átomos e o valor da teoria atômica foram duramente questionados e muitas vezes rejeitados por diversos cientistas e filósofos. Tais críticas desempenharam um papel importante, pois possibilitaram o aperfeiçoamento dessa teoria. Ignorar tais críticas ao atomismo pode dificultar o processo de compreensão do valor e do alcance dessa teoria científica por parte dos estudantes.

Consideramos que o Ensino de Química tem muito a perder ao negligenciar o papel das controvérsias científicas para a consolidação de conceitos e teorias (Chaves *et al.*, 2014). As controvérsias científicas no Ensino de Química possibilitam aos estudantes uma visão de ciência como um empreendimento dinâmico, social e produzido através

Esta seção contempla a história da Química como parte da história da ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído.

de intensos debates e dúvidas, enfim, como uma atividade humana (Praia *et al.*, 2007; Matthews, 1995).

Dada a importância das controvérsias para o Ensino de Química e a sua pouca presença nos livros didáticos, o objetivo deste trabalho é apresentar uma narrativa de cunho didático sobre o antiatomismo, que possibilite a professores e alunos conhecerem os opositores à teoria atômica e suas motivações. Para atingir esse objetivo, foram escolhidos diferentes momentos históricos, próximos àqueles apresentados pelos livros didáticos ao abordar o desenvolvimento dos modelos atômicos, com o objetivo de mostrar que a ideia de átomo nunca foi consenso.

Oposição ao Atomismo Filosófico

O atomismo filosófico é apresentado aos estudantes como solução para o problema de constituição da matéria. Contudo, os filósofos Leucipo e Demócrito (séc. V a.C.) estavam interessados em solucionar um problema filosófico maior: a busca de um princípio que explicasse a ordem, a origem e as transformações do mundo (Zaterka, 2006). Explicar a permanência em um mundo onde a mudança é recorrente, ou buscar alguma unidade entre fenômenos distintos, motivava os pensadores da Antiguidade, que cogitavam relações entre o macro e o micro, entre o uno e o diverso. Nesse contexto, esses pensadores formularam questões filosóficas que até hoje nos fazem pensar. Um exemplo é o paradoxo de Parmênides (séc. V a.C.), que resumiu seus questionamentos da seguinte forma: se o que é real é eterno, e acreditamos que o mundo físico é real, por que o mundo físico sofre mudanças?

Na tentativa de solucionar essas questões, filósofos propuseram diversas respostas – e o atomismo foi uma delas. As correntes filosóficas atomistas basearam-se na ideia de que o mundo físico seria constituído por minúsculas partículas de diferentes formas, tamanhos e arranjos chamadas átomos. Os atomistas defendiam que as mudanças no mundo eram apenas aparentes, pois os átomos, a real essência das coisas, permaneceriam imutáveis e não seriam destruídos ou criados.

Outra resposta para esse problema foi dada pela teoria dos quatro elementos, elaborada por Empédocles e posteriormente refinada por Aristóteles. A visão aristotélica propunha a existência de cinco elementos primordiais ordenados em dois diferentes planos, o mundo supralunar e o mundo sublunar. O mundo supralunar, perfeito e incorruptível, seria constituído de um elemento único, o éter; enquanto o mundo sublunar seria formado pelos quatro elementos fogo, ar, água e terra. Segundo este filósofo, os quatro elementos constituintes do mundo sensível seriam transmutáveis entre si, ou seja, corruptíveis. Todavia, os mesmos seriam formados por uma substância primordial, *hylé*, que, quando combinada com

quatro qualidades fundamentais – quente, seco, úmido e frio – geraria os quatro elementos fundamentais (Alfonso-Goldfarb *et al.*, 2016).

Aristóteles criticou a interpretação dos filósofos atomistas ao paradoxo de Parmênides, argumentando que os seres vivos seriam demasiadamente complexos para serem entendidos através da união e separação de partículas (Rocha, 2006). Além disso, Aristóteles embasou suas críticas ao atomismo em experiências sensoriais simples, como o fenômeno da evaporação da água, interpretado por este filósofo como a lenta transformação do elemento água no elemento ar — uma interpretação plausível, a julgar pelo contexto da época.

Corpúsculos e Essências para a Compreensão da Natureza

Além de responsáveis pela manutenção e retorno das obras da filosofia clássica à Europa, os povos árabes desenvolveram um corpo de conhecimento totalmente original para compreender o mundo. Nesse aspecto, destaca-se a alquimia árabe, fruto de uma articulação entre filosofia, misticismo e saberes manipulativos que visavam o entendimento e o domínio dos fenômenos naturais, incluindo a transformação da matéria.

Jabir ibn Hayyan (séc. IX d.C.) é um importante nome da Alquimia árabe, sendo considerado o responsável pela teoria do “enxofre e mercúrio”, uma ideia de origem possivelmente persa, segundo a qual todos os metais seriam constituídos pelos princípios enxofre (essência masculina, responsável pela “combustibilidade” da matéria) e mercúrio (essência feminina, responsável pela “metalicidade” da matéria) em diferentes proporções (Alfonso-Goldfarb *et al.*, 2016). De acordo com este alquimista, seria possível transformar um dado metal em outro mais nobre apenas alterando a proporção desses dois princípios através de diferentes técnicas de separação e purificação.

As relações comerciais com a Europa e as migrações dos povos árabes durante a Idade Média fizeram com que a intelectualidade medieval do Ocidente recuperasse o contato com a filosofia clássica e conhecesse a alquimia árabe. Nomes ligados ao clero, como Alberto Magno (1193-1280) e Roger Bacon (1214-1292), foram alguns dos responsáveis pela adaptação e ressignificação desses saberes aos dogmas cristãos (Alfonso-Goldfarb *et al.*, 2016). Nesse processo de adaptação, foi criada uma nova filosofia natural que englobava as técnicas de manipulação da matéria e os conhecimentos especulativos dos alquimistas árabes e de filósofos clássicos (especialmente Aristóteles) sob uma interpretação cristã.

O atomismo só retornaria ao primeiro plano do cenário intelectual da Europa posteriormente, no século XV, com a redescoberta das obras corpuscularistas da Antiguidade. No entanto, os filósofos naturais atomistas como Pierre Gassendi

As correntes filosóficas atomistas basearam-se na ideia de que o mundo físico seria constituído por minúsculas partículas de diferentes formas, tamanhos e arranjos chamadas átomos. Os atomistas defendiam que as mudanças no mundo eram apenas aparentes, pois os átomos, a real essência das coisas, permaneceriam imutáveis e não seriam destruídos ou criados.

(1592-1655) e Robert Boyle (1627-1691) criticaram severamente as obras dos atomistas clássicos. Eles consideravam que a ideia de átomos e vazio, por si só, não era o bastante para explicar as transformações do mundo, como consideravam os atomistas clássicos (Zaterka, 2006).

Baseados numa visão de mundo religiosa e mecanicista, Gassendi e Boyle acreditavam que o universo seria uma máquina criada por um intelecto superior. Essa máquina funcionaria perfeitamente graças aos átomos, aqui entendidos como pequenas engrenagens que, aglomeradas, seriam os constituintes de toda a realidade.

Apesar da aproximação do atomismo com ideias religiosas, os defensores da tradição aristotélica consideravam o atomismo demasiadamente materialista. Além disso, ideias aristotélicas como a interconversão dos quatro elementos explicavam a transubstanciação do corpo e sangue de Cristo e outros dogmas da ortodoxia cristã (Simões, 2015).

Instrumentalismo e Antiatomismo no século XIX

A hipótese atômica de John Dalton (1766-1844) ressignificou a ideia de átomo para os químicos do início do século XIX. Diferente do atomismo defendido por Boyle ou Gassendi, o atomismo daltoniano vai além da ideia de átomo como o constituinte da matéria e o ressignifica como a menor unidade participante das reações químicas, adotando a definição de Lavoisier para elemento químico e criando o conceito de *pesos atômicos* (Schütt, 2003).

Tal ideia foi recebida com entusiasmo por muitos, contudo, outros a receberam com receios e restrições devido às seguintes razões: primeiramente, devido ao seu estatuto epistemológico, ou seja, sobre a possível utilidade do atomismo na resolução de problemas científicos. Em segundo lugar, devido ao estatuto ontológico dos átomos, isto é, sobre a sua real existência.

Essas questões geraram um espectro de opiniões diverso. Em um extremo, estavam aqueles que acreditavam que os átomos correspondiam a uma realidade da natureza. Em total oposição aos atomistas, estavam os antiatomistas, ou seja, aqueles que rejeitavam a existência dos átomos e a utilidade da teoria atômica. Entre essas duas opiniões estavam os instrumentalistas, que negavam a existência dos átomos (ou preferiam não se posicionar sobre esse tema), mas que consideravam essa teoria cientificamente útil.

Esse contexto conflituoso possui raízes filosóficas, como o Indutivismo, Ceticismo e, posteriormente, o Positivismo. Essas filosofias compartilhavam a crença da superioridade do conhecimento oriundo da experimentação e a rejeição à metafísica, entendida aqui como conhecimento especulativo, sem fundamento empírico. Devido à impossibilidade dos átomos serem observados direta ou indiretamente, sua existência

era considerada um problema metafísico (Bensaude-Vincent e Simon, 2008).

Mesmo enfrentando uma descrença inicial, a hipótese atômica encontrou apoio de químicos importantes, como o sueco J. J. Berzelius (1779-1848), que aprimorou as ideias daltonianas, e dos mecanicistas britânicos Bryan Higgins (1741-1818), Thomas Thomson (1773-1852) e William Henry (1774-1836):

Ele [Dalton] descreveu visões novas e engenhosas dos fenômenos observados; sobre essas visões ele fundou concepções distintas de uma lei geral da Natureza; e ele traçou a conformidade dessa lei com uma extensa classe de fatos, muitos dos quais ele mesmo primeiro revelou através de experimentos bem planejados (Henry, 1854; apud Grossman, 2014; tradução nossa).

Outros químicos, como o britânico Humphry Davy (1778-1829) e o alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896), adotaram uma postura instrumentalista, ao negar a existência física dos átomos, mas considerando-os entidades

teóricas úteis para a Química. Tal fato os deixava ao lado dos atomistas na defesa da hipótese atômica. Davy acreditava que o atomismo consistia em uma ferramenta importante para entender o comportamento das substâncias químicas, mas considerava inadequado assumir uma postura realista frente a essas entidades devido a sua natureza especulativa (Purrrington, 1997). Kekulé se

opôs à ideia de uma realidade atômica, mas não negava a importância desse conceito para a Química:

A questão de saber se os átomos existem ou não tem pouca significância de um ponto de vista químico: é uma discussão muito própria da metafísica... Eu não hesito em dizer que, de um ponto de vista filosófico, eu não acredito na real existência de átomos, levando a palavra em seu significado literal de partículas indivisíveis... Como um químico, contudo, eu considero a hipótese de átomos, não apenas aconselhável, mas como totalmente necessária na química (Kekulé, 1870; apud Bensaude-Vincent e Simon, 2003, p.190; tradução nossa).

A adoção dessa postura teve impacto especialmente no campo da Química Orgânica, pois influenciou o desenvolvimento das teorias estruturais e o surgimento do conceito de valência (Oki, 2009).

Mas enquanto alguns adotavam uma postura instrumentalista frente aos átomos, outros consideravam a hipótese atômica vazia e inútil. Este era o caso do químico francês Louis Gay-Lussac (1778-1850), responsável por formular a

Apesar da aproximação do atomismo com ideias religiosas, os defensores da tradição aristotélica consideravam o atomismo demasiadamente materialista. Além disso, ideias aristotélicas como a interconversão dos quatro elementos explicavam a transubstanciação do corpo e sangue de Cristo e outros dogmas da ortodoxia cristã (Simões, 2015).

lei de combinação volumétrica envolvendo reagentes gasosos. Gay-Lussac afirmava que a Química deveria investigar a matéria sensível, e não corpúsculos impossíveis de serem observados. Semelhante ceticismo era compartilhado por outros químicos, como Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) e William Whewell (1794-1868). Dumas era defensor de uma abordagem empirista na Química, considerando as grandezas mensuráveis e os fenômenos observáveis como os aspectos mais importantes da Química, o que não era compatível com o atomismo:

Químicos antigos e modernos têm uma coisa em comum: seu método. O que é esse método, tão antigo como a própria ciência, e que a caracteriza desde seus primórdios? É a total crença no testemunho dos sentidos; é uma crença sem limites na experiência; é a submissão cega ao poder dos fatos. Antigos ou modernos, os químicos querem ver com os olhos dos seus corpos físicos antes de empregar os da mente: eles querem fazer teorias a partir dos fatos e não procurar fatos para qualquer teoria preconcebida (Dumas, 1837 apud Bensaude-Vincent e Simon, 2008, p.176-177; tradução nossa).

Os cétricos preferiam interpretar as leis de combinação química e os demais fenômenos químicos com base nos pesos equivalentes. Desenvolvida no século XVIII como consequência dos estudos estequiométricos, os pesos equivalentes correspondiam às massas relativas de combinação das substâncias nas reações químicas, o que permitia interpretar quantitativa e macroscopicamente as reações químicas através de relações de massa entre reagentes e produtos (Oki, 2009).

Contudo, equivalentes e átomos foram, por vezes, utilizados como sinônimos, de modo que alguns viam a substituição de um termo pelo outro como um jogo de linguagem. Deste modo, eram as diferenças filosóficas e conceituais o principal ponto de controvérsia: enquanto os atomistas não viam problema em interpretar as reações químicas com o conceito de átomo, os equivalentistas rejeitavam o uso de inobserváveis e adotavam os pesos equivalentes.

[...] equivalentes e átomos foram, por vezes, utilizados como sinônimos, de modo que alguns viam a substituição de um termo pelo outro como um jogo de linguagem. Deste modo, eram as diferenças filosóficas e conceituais o principal ponto de controvérsia: enquanto os atomistas não viam problema em interpretar as reações químicas com o conceito de átomo, os equivalentistas rejeitavam o uso de inobserváveis e adotavam os pesos equivalentes.

A Química sem átomos de Wilhelm Ostwald

As críticas e as dúvidas quanto à realidade e utilidade do atomismo motivaram a elaboração de teorias e hipóteses alternativas para explicar os fenômenos químicos. Dentre as tentativas de desenvolver uma ciência sem o uso do conceito de átomo, talvez a que tenha chegado mais próxima ao seu objetivo tenha sido o Energeticismo.

Os energeticistas almejavam uma ciência centrada em leis termodinâmicas de energia e livre de entidades inobserváveis e indetectáveis através da experimentação, tais como os átomos. Para eles, o conceito de energia e as leis que descrevem suas transformações seriam suficientes para abordar os fenômenos químicos e substituir a teoria atômica (Deltete, 2005).

O Energeticismo teve importantes adeptos, como os físicos Pierre Duhem (1861-1916) e Georg Helm (1851-1923). Contudo, o principal porta-voz do programa energeticista foi o químico alemão Wilhelm Ostwald (1853-1932). Ostwald foi um dos principais responsáveis pelo estabelecimento da Físico-Química, através de uma extensa propaganda das teorias de Svante Arrhenius e J. H. van't Hoff. O contato próximo com a Termoquímica levou Ostwald a tentar desenvolver uma nova Química, livre de átomos e outras entidades inobserváveis. Seguindo este objetivo, ele buscou reinterpretar conceitos científicos usando suas ideias energeticistas, por exemplo, o conceito de matéria:

O que nós chamamos de matéria é apenas um complexo de energias que encontramos juntas em um mesmo lugar. Nós estamos ainda perfeitamente livres, se nós quisermos, para supor que ou a energia preenche o espaço homogeneamente, ou de uma forma periódica ou granulada. A última hipótese pode ser um substituto à hipótese atômica. A decisão entre essas possibilidades é uma questão puramente experimental (Ostwald, 1904, p. 520; tradução nossa).

O Energeticismo alcançou relativa popularidade no fim do século XIX, especialmente através das publicações de Ostwald em defesa desta teoria, mas foi perdendo o fôlego lentamente, à medida que o projeto de unificação da ciência não se concretizava e o seu arcabouço teórico era atacado por opositores, dentre os quais Max Planck (1858-1947), Albert Einstein (1879-1955) e Ludwig Boltzmann (1844-1906). Ostwald, reconhecidamente o maior defensor do Energeticismo, foi convencido quanto à utilidade da teoria atômica entre 1908 e 1909, justificando sua mudança devido às descobertas científicas no início do século XX que corroboravam a teoria atômica:

O isolamento e a contagem de íons gasosos que, por um lado, coroaram de êxito as longas e brilhantes pesquisas de J. J. Thomson, e, por outro, a concordância do movimento browniano com os requisitos da hipótese cinética, estabelecida por muitos investigadores e, de maneira mais conclusiva, por J. Perrin, justificaram que o mais cauteloso dos cientistas fale

agora em comprovação experimental da natureza atômica da matéria (Ostwald, 1909 *apud* Hiebert, 2007; p.2084).

Contudo, a mudança de Ostwald acabou não afetando sua opinião em relação à importância da energia para a ciência, de modo que Ostwald se manteve adepto do Energeticismo até o fim de sua vida.

As Complexas Características do Atomismo Contemporâneo

No início do século XX surgiram novas e revolucionárias teorias na ciência, que mudaram totalmente a forma de compreendermos o mundo. Uma dessas teorias foi a Mecânica Quântica, que permitiu às ciências um novo olhar para o problema da realidade atômica.

O modelo atômico quântico é entendido como um sistema constituído de um núcleo positivo em torno do qual os elétrons se movimentam. Esse modelo traz implicações para a descrição dos elétrons, que podem ser compreendidos como ondas e partículas, em decorrência da interpretação de Louis de Broglie; e não podem ter suas trajetórias definidas, de acordo com o princípio da incerteza de Heisenberg (Silva; Cunha, 2014).

As complexas características do átomo quântico impedem o desenvolvimento de um modelo tão visual como os modelos atômicos anteriores. Contudo, essa dificuldade em “visualizar” o átomo quântico através de modelos pictóricos não prejudicou a assimilação do modelo atômico-quântico pela Química, que acaba se valendo de diferentes representações para diferentes fenômenos oriundos da mesma entidade, o átomo quântico.

No entanto, em um nível filosófico, a questão da realidade atômica não foi completamente solucionada, e acabou sendo incorporada às dúvidas acerca da natureza das entidades quânticas (ondas, partículas, ambas, ou outra coisa). Além disso, cientistas adeptos de escolas como a do físico Niels Bohr (1885-1962) e sua Interpretação de Copenhague preferem manter-se distantes de afirmações sobre a natureza das entidades quânticas (Pessoa Jr., 2006). Reflexo do pensamento instrumentalista, os adeptos da Interpretação de Copenhague defendem que os experimentos servem como mediadores entre o fenômeno quântico e o investigador, sendo a natureza das entidades quânticas dependente dos resultados experimentais obtidos:

A interação finita entre o objeto e os instrumentos de medida, condicionada pela própria existência do quantum de ação, acarreta (...) a necessidade de uma

renúncia definitiva ao ideal clássico de causalidade e de uma revisão radical de nossa atitude perante o problema da realidade física (Bohr, 1935, p. 696; tradução nossa).

Considerações Finais

Apesar de a teoria atômica ser atualmente imprescindível para a ciência, a História da Química nos mostra que o atomismo nem sempre foi considerado uma ideia plausível, como indicam os diversos questionamentos sobre a sua existência e utilidade científica.

Acreditamos que a abordagem de controvérsias científicas como essa pode auxiliar na compreensão de como a ciência é, de fato, desenvolvida, e contribuir para a melhor compreensão dos conceitos envolvidos. É importante que os alunos saibam que é por meio de dúvidas e conflitos entre pontos de vista distintos que a ciência se desenvolve. Esses debates também mostram como os conceitos científicos são contra-intuitivos, indo além dos nossos sentidos, o que contribui para minimizar imagens realistas ingênuas a respeito das entidades químicas. Contudo, é importante ressaltar que, apesar da aceitação do atomismo como teoria válida na Química contemporânea, isso não resultou na superação das questões relativas à ontologia dos átomos, como nos mostra a abordagem da Escola de Copenhague.

Por outro lado, ressaltamos que esta é *uma história* do Antiatomismo, e como qualquer história, não é a única. Cada um dos episódios brevemente citados aqui compreendem, por si só, fascinantes histórias sobre a Química. Sabendo que muitos personagens e episódios importantes foram omitidos

nesta curta história, convidamos os leitores a buscar referências específicas sobre cada um dos episódios citados para uma visão mais rica sobre o tema.

Por fim, consideramos que, mesmo sendo tão importante para a ciência atual, a ideia de átomo, sua natureza e características permanecem tão controversas, que é preciso apresentar aos estudantes as diferentes visões sobre essas entidades e desenvolver sua reflexão crítica sobre essa teoria – até porque uma das características

mais importantes da ciência é a capacidade de duvidar.

[...] em um nível filosófico, a questão da realidade atômica não foi completamente solucionada, e acabou sendo incorporada às dúvidas acerca da natureza das entidades quânticas (ondas, partículas, ambas, ou outra coisa). Além disso, cientistas adeptos de escolas como a do físico Niels Bohr (1885-1962) e sua Interpretação de Copenhague preferem manter-se distantes de afirmações sobre a natureza das entidades quânticas (Pessoa Jr., 2006).

Letícia dos Santos Pereira (leticiaDSP@ufpb.edu.br), licenciada em Química pela Universidade Federal da Bahia, mestre e doutoranda em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, é Professora Assistente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Amargosa, Bahia, Salvador, BA – BR. **José Luís de Paula Barros Silva** (joseluis@ufba.br), bacharel em Química pela Universidade Federal da Bahia, mestre em Física e doutor em Química pela mesma Universidade, é Professor Associado da Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Salvador, BA – BR.

Referências

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R.; PORTO, P. A. *Percursos de História da Química*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

BENSAUDE-VINCENT, B.; SIMON, J. *Chemistry – the impure science*. London: Imperial College Press, 2008.

BOHR, N. Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete? *Physics Review*, v. 48, p. 696-702, 1935.

CHAVES, L. M. M. P. *et al.* História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 269-279, 2014.

DELTETE, R. J. Energetics. In: HEILBRON, J. (ed.). *The Oxford Guide to the History of Physics and Astronomy*. New York: Oxford University Press, 2005. p. 104-105.

GROSSMAN M. I. John Dalton and the London atomists: William and Bryan Higgins, William Austin, and new Daltonian doubts about the origin of the atomic theory. *Notes and Records of the Royal Society of London*, v. 68, n. 4, p. 339-356, 2014.

HIEBERT, E. Ostwald, Wilhelm. In: BENJAMIN, C. (ed.) *Dicionário de Biografias Científicas*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

NAVARRO, M. *et al.* A História da Química em livros didáticos do Ensino Médio. *Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 55-61. 2015.

OKI, M. C. M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. *Química Nova*, v. 32, n. 4, p. 1072-1082, 2009.

OSTWALD, W. Elements and Compounds. *Journal of Chemical Society, Transactions*, v. 85, p. 506-522, 1904.

PESSOA Jr., O. Mapa das interpretações da Teoria Quântica.

In: MARTINS, R.; BOIDO, G.; RODRÍGUEZ, V. (Org.). *Física: estudos históricos e filosóficos*. Campinas: AFIHC, 2006. p. 119-152.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

PURRINGTON, R. D. *Physics in the Nineteenth Century*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1997.

ROCHA, G. R. *História do Atomismo: como chegamos a conceber o mundo como o conhecemos*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2007. Série: Studium 6.

SCHÜTT, H. Chemical Atomism and Physical Atomism. In: NYE, M. J. (Org.) *The Cambridge history of science: the modern physical and mathematical sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. v. 5. p.237-254.

SIMÕES, E. O atomismo herético de Galileu Galilei. *Griot: Revista de Filosofia*, v. 11, n. 1, 2015. p. 22-35.

SILVA, J. L. P. B.; CUNHA, M. B. M. Para compreender o modelo atômico quântico. In: *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*, Curitiba, PR, 2008.

ZATERKA, L. Alguns aspectos da teoria da matéria: atomismo, corpuscularismo e filosofia mecânica. In: SILVA, C. C. (Org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 329-352.

Para saber mais

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R.; PORTO, P. A. *Percursos de História da Química*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

NYE, M. J. (Org.) *The Cambridge history of science: the modern physical and mathematical sciences*. v. 5. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

Abstract: *A History of Antiatomism: possibilities for chemistry teaching.* The concept of atom is of great relevance for Chemistry and can be considered fundamental to the science. However, atomic theory faced strong opposition through History and was established as a consensual idea only in the beginning of 20th century. Such opposition is not mentioned in high school textbooks, leading a Chemistry teaching which omits the conflict. This paper discusses some aspects on the history of antiatomism that we consider relevant to Chemistry teaching, introducing antiatomistic arguments from scientists and philosophers at selected historical moments. By doing so, we intend to contribute to introducing scientific controversies in the teaching of atomic models.

Keywords: antiatomism, scientific controversy, chemistry teaching.