

# O Experimento de Ernest Rutherford e Thomas Royds sobre a natureza das partículas alfa: Contribuição para o Ensino de Química.

\* Deividi Marcio Marques<sup>1(PG)</sup> João José Caluzi<sup>2(PG)</sup>,

<sup>1</sup> Instituto de Química – Universidade Federal de Uberlândia

<sup>2</sup> Departamento de Física – Universidade Estadual Paulista – Bauru.

\*deivid@iqufu.ufu.br.

*Palavras-Chave:* História da Química, partícula alfa, gás hélio

Resumo: A descoberta e nomeadas emissões radioativas alfa e beta foi um dos vários acontecimentos científicos que influenciou pesquisas que buscavam determinar a estrutura da matéria. Um dos grandes nomes nessas pesquisas foi Ernest Rutherford que, intrigado com a presença de gás hélio nos experimentos envolvendo emissões radioativas se propôs, com ajuda de Thomas Royds, tentar responder a uma questão: As partículas alfa são átomos de hélio ou não? Guiados por essa dúvida idealizaram um experimento que, na maioria das vezes, não é mostrado nos livros didáticos de Química, na qual chegaram à conclusão de que a partícula alfa é um átomo de hélio ionizado. O conhecimento desse episódio da História da Química pode proporcionar a alunos e professores um melhor entendimento do trabalho científico, o contato direto com as hipóteses, as técnicas e os instrumentais científicos construídos pelos cientistas.

## Introdução

Há uma tendência no Ensino de Química em inserir aspectos de sua história de modo a contextualizar alguns conceitos. Inúmeras pesquisas têm sido publicadas sobre relatos históricos e pesquisas historiográficas sobre como decorreu determinada descoberta, como foi elaborado um conceito, como foi a vida de um químico do passado e entre outros aspectos. No entanto, de nada adianta conhecer o aspecto histórico de um conceito se o professor, além não saber como utilizá-lo durante sua prática docente, não reconhece as verdadeiras contribuições que o uso da História da Ciência pode trazer para o Ensino de Ciências, em especial, ao Ensino da Química.

No entanto, foi apenas no final do século XIX e início do século XX que houve uma maior atenção na relação História da Ciência e Ensino das Ciências. Talvez isso fosse consequência das mudanças ocorridas na atividade científica e no status social do cientista, assim como a emergência da ciência como força produtiva.

O próprio August Comte, fundador da filosofia positivista, já havia escrito, segundo Castro (1993, p.5), em relação à leitura da História da Ciência. Ele sugere uma leitura da Ciência sob dois aspectos: um histórico, no qual os conhecimentos são expostos na ordem em que foram obtidos pelo espírito humano; e outro sendo um sistema de idéias apresentado tal como poderia ser concebido hoje, o que ele denominou dogmático. Também é possível uma leitura na qual haja uma combinação entre ambos os aspectos.

Devemos deixar claro que a História da Ciência que estamos nos reportando não é aquela presente em alguns livros didáticos, paradidáticos e até livros de Ensino Superior nos quais se valoriza um feito científico importante, uma descoberta com “data e hora marcada” que foi prontamente aceita pela comunidade de cientistas da época e que colocou seu descobridor num patamar insubstituível. Mortimer (1988, p. 237-8) acrescenta que, ainda que os livros didáticos apresentem aspectos históricos, em

alguns casos, ocorre uma mistura de fatos que ocorreram em épocas diferentes, mas que são apresentados como se tivessem ocorridas ao mesmo tempo.

Esse tipo de História presente nesses manuais nada mais é do que uma seqüência cronológica de eventos que somente está naquele capítulo porque é o tema da aula. Na opinião de Martins:

Essa cronologia é pouco informativa e pouco útil. Serve, apenas, para que os estudantes fiquem conhecendo o nome de alguns cientistas famosos e tenham uma idéia sobre épocas (e sobre seqüências) de determinadas descobertas; mas não facilita o ensino da própria ciência (MARTINS, 1990, p.3).

Concordamos com a opinião de Martins. A idéia de muitos professores e alunos acerca da História da Ciência sempre está ligada a apenas datas, descobertas e seus respectivos cientistas. Nesses livros encontramos a valorização e a mitificação de alguns episódios, sempre associados a grandes gênios da Ciência. Muitas vezes os professores nem ao menos conhecem um pouco da biografia de tais gênios, tampouco como eles conseguiram elaborar tal raciocínio.

Contudo, uma abordagem adequada da História da Ciência no ensino de ciências, sobretudo no ensino de química, pode contribuir para um melhor aprendizado. O uso de uma abordagem histórica proporciona aos estudantes uma visão mais crítica da ciência:

A História da Ciência pode mostrar em detalhe alguns momentos de transformação profunda da ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências a transformação e que setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode fornecer as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam dos resultados da atividade científica. (Gagliardi & Giordan, 1986, p.254).

A abordagem histórica nessa visão, portanto não significa apenas uma inclusão passiva no Ensino, mas sim uma inclusão ativa que proporcione aos estudantes a chance de entender e interpretar o mundo tecnológico de hoje; que possa relacionar e perceber que os conceitos dominantes hoje na ciência é fruto de um processo dinâmico desenvolvidos no decorrer de anos, que teve influência direta de uma sociedade e conseqüentemente os setores político, social, econômico e cultural.

Gagliardi (1988, p. 292), corroborando com a importância da inserção da História da Ciência no Ensino de Ciência, adiciona que a História da Ciência pode proporcionar, ao mesmo tempo, um debate científico que salienta como determinado fato foi desenvolvido e estudado no decorrer dos séculos, como também gerar um debate do ponto de vista da Filosofia, mostrando como o homem concebe idéias, conhece e interage com seu meio, formula hipóteses, investiga, experimenta, sugere mecanismos, cria metodologias e as coloca em discussão.

A discussão sobre a História das Ciências pode ser ao mesmo tempo uma discussão sobre o que é conhecimento e como se conhece. Ao mostrar que cada conhecimento atual é resultado de um longo processo, que não bastam algumas experiências para mudar uma teoria, que os fatores sociais têm muito peso, podemos começar a desmistificar a imagem da ciência (Gagliardi, 1988, p. 292).

É por essas razões que acreditamos que a História da Ciência tem a contribuir com o Ensino de Química. Ela pode servir de apoio aos conteúdos abordados uma vez que nada é considerado como pronto, acabado e definitivo na Ciência. Nada pode ser considerado a salvo de críticas, reflexões e refutações.

A seguir, um estudo historiográfico interessante sobre a partícula alfa cujo material pode ser usado em aulas de química, permitindo um debate não apenas histórico sobre os fatos pesquisados com relação à emissão radioativa, como também um debate epistemológico sobre a atividade científica e os caminhos da ciência.

## 1. O início das dúvidas.

A descoberta das partículas alfa pelo Físico neozelandês Ernest Rutherford (1871 - 1937), por volta de 1899, trouxe uma importante contribuição para as pesquisas em radioatividade no limiar do século XX. Rutherford era naquela época professor da Universidade McGill, em Montreal, no Canadá e tinha como assistente Frederick Soddy (1877 – 1956), um jovem químico da Inglaterra.

Juntos escreveram o famoso artigo “*A causa e a natureza da radioatividade*” (*The cause and Nature of Radioactivity*). Nesse trabalho, publicado em duas partes na *Philosophical Magazine*, em 1902, eles pesquisaram a radioatividade do elemento tório. Por meio de análises químicas eles descobriram que a maior parte da sua radioatividade (em torno de 54%) é devida a outro tipo de elemento presente naquele composto, que chamaram de tório X (ThX). Esse elemento possui propriedades químicas distintas do tório (Rutherford & Soddy, 1902, p. 492) e uma radioatividade temporária. Foi com esses estudos que propuseram as séries radioativas dos elementos radioativos e também elucidaram que as mudanças só ocorriam quando tais elementos emitiam um tipo de radiação (alfa ou beta).

Em 1903, Soddy voltou para a Inglaterra para trabalhar com o escocês William Ramsay (1852 – 1937). Segundo Rutherford (1903, p. 609) em uma nota para a revista *Nature*, Ramsay e Soddy descobriram que átomos do elemento hélio estavam presentes nas emissões de brometo de rádio e também na emanação (vapor) de rádio (futuramente identificada com o gás nobre radônio). A presença de hélio nos processos radioativos gerou várias especulações: 1) a partícula alfa poderia ser um átomo de hélio; 2) o hélio era um produto final do rádio e 3) o hélio surgia em alguma fase das emissões. Este é um aspecto interessante para o Ensino de Ciências: Como escolhemos entre as hipóteses possíveis de um problema, seja ele teórico ou experimental, como neste caso? Em geral, os livros didáticos trazem o resultado final de vários anos de pesquisa, como se o resultado fosse óbvio. Aqui, detalharemos como Rutherford e Royds chegaram a conclusão que a partícula alfa é um átomo de hélio ionizado.

## 2. A partícula alfa é um átomo de hélio

No ano de 1909, Rutherford e Thomas Royds (1881 – 1955), já estabelecidos em Manchester, publicaram um artigo com dados obtidos em um experimento realizado por eles em 1908, para determinar a origem do hélio nos processos radioativos. Naquele período, havia várias evidências experimentais de que a partícula alfa era um átomo de hélio. Houve uma tendência em assumir que o hélio seria um produto final da

desintegração radioativa, mas estava difícil de obter uma evidência nessa direção. É interessante notar que Rutherford acreditou que o aparecimento de hélio nesses processos ocorria por meio de uma transmutação:

A produção de hélio é de extrema importância, como sendo o primeiro e bem autenticado caso de transmutação de um elemento em outro. Esse processo de transmutação é de caráter muito especial, por ser espontâneo, e a uma razão que independe do nosso controle. Para explicar a produção de hélio pelo rádio, em termos químicos, foi sugerido que o hélio não é um elemento verdadeiro, mas é um estado de combinação instável de hélio com algum elemento conhecido ou desconhecido, e que esta combinação está continuamente se separando, com a liberação do hélio. (RUTHERFORD, 1904, p. 655)

Os valores de várias quantidades radioativas, segundo Rutherford e Royds, calculados na suposição de que a partícula é um átomo de hélio, que leva duas unidades de carga, corroboraram essas evidências experimentais. Eles também utilizaram os dados obtidos por James Dewar (1842 – 1923) no artigo *A taxa de produção de hélio a partir do rádio*, publicado em 1908.

O artigo “*A natureza das partículas  $\alpha$  de substância radioativa*” (*The Nature of the  $\alpha$  Particle from Radioactive Substance*), publicado na *Philosophical Magazine* em novembro de 1909, além daquele publicado por James Dewar, forneceram as evidências da identidade da partícula alfa com o átomo de hélio. Neste artigo, Rutherford e Royds fazem uma crítica aos métodos até então empregados para esse tipo de investigação. Eles afirmam que os métodos foram indiretos, pois levava em consideração apenas a carga carregada pelo átomo de hélio e o valor da razão carga/massa da partícula. Segundo eles, só seria possível provar a identidade da partícula alfa se elas fossem armazenadas independentemente da matéria que as expeliu.

Para conseguir determinar o que de fato era a partícula alfa, ou em outras palavras, se eram na realidade átomos de hélio, Rutherford e Royds construíram um aparato experimental (Figura 01) em que as partículas alfa expelidas de um material radioativo, depositado dentro de um tubo extremamente fino, permitia apenas a passagem delas e não de outras substâncias como hélio ou outros produtos radioativos.

Aproximadamente 140 miligramas de rádio em equilíbrio com sua emissão foram comprimidos por meio de uma coluna de mercúrio, dentro de um fino tubo de vidro A, de aproximadamente 1,5 cm de comprimento. Este tubo foi selado em outro tubo capilar maior B, que era suficientemente fino para permitir que as partículas alfa da emissão e seus produtos escapassem, mas suficientemente forte para resistir à pressão atmosférica. A espessura da parede do tubo empregada na maioria das experiências era menor que 0,01 mm.

O tubo de vidro A e B eram envolvidos por um tubo de vidro T, de 7,5 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro, ligado a outro tubo de vidro C. Um pequeno tubo de vácuo V foi também acoplado na parte superior do tubo T. O interior do tubo T foi evacuado por meio de uma válvula D, e a exaustão completa foi feita com o auxílio de um tubo de carvão esfriado com ar líquido. Foi utilizada uma coluna de mercúrio H ligada em um reservatório, o mercúrio foi impelido no tubo T até atingir o fundo do tubo A.

**Figura 1: Esquema do instrumental de Rutherford e Royds. (RUTHERFORD E ROYDS, 1909, p. 283).**

Rutherford e Royds montaram esse experimento com o objetivo de coletar parte das partículas alfa que escaparam do tubo (A) para o tubo de vidro B. Se a partícula fosse um átomo de hélio, ele deveria difundir gradualmente do tubo B para o mercúrio, e daí, para o tubo T. Sua presença poderia ser detectada espectroscopicamente, elevando o nível de mercúrio e comprimindo os gases dentro do tubo de vácuo.

Para minimizar as possíveis fontes de erro experimental e evitar a contaminação do instrumento com hélio, Rutherford e Royds deixam claro no artigo que utilizaram mercúrio purificado e toda a vidraria utilizada era nova.

Antes de introduzir o material radioativo, não havia sido detectado qualquer traço de hélio. Em intervalos de tempo regulares, depois da introdução do material radioativo, eles perceberam que o nível de mercúrio elevou-se um pouco e os gases no interior do tubo foram examinados espectroscopicamente. Depois de 24 horas, nenhuma linha amarela, que indicava a presença de hélio, foi detectada. Dois dias

depois, surge um traço amarelo pouco visível. Depois de quatro dias, apareceram traços luminosos amarelo e verde. E, depois de seis dias, foram observadas todas as fortes linhas do espectro de hélio. Eles ressaltaram ainda que, pela ausência do espectro de néon, era fácil deduzir que a presença de hélio não ocorreu devido a um vazamento de ar no equipamento.

Baseado nos dados coletados dos experimentos, Rutherford e Royds concluíram que o hélio não poderia ter se difundido pelas paredes de vidro, mas sim que eram derivados das partículas alfa que passaram pelas paredes:

... os experimentos dão uma prova decisiva que a partícula depois de perder sua carga é um átomo de hélio. Outra evidência disso indica que a carga é duas vezes o valor unitário da carga do átomo do hidrogênio liberado na eletrólise da água. (RUTHERFORD E ROYDS, 1909, p. 284.).

Este experimento foi repetido várias vezes para eliminar a hipótese de que o hélio da amostra não era proveniente do ar atmosférico. Também minimizaram a influência de possíveis contaminações, tendo em vista que os experimentos eram cuidadosamente montados e analisados.

Mas, se de fato eram átomos de hélio que carregavam duas cargas positivas, como as partículas perderam os elétrons? Rutherford (1908) na conferência de entrega do Prêmio Nobel relata que:

Considerando as evidências, nós concluímos que a partícula alfa é um átomo projetado de hélio que tem de algum modo durante sua trajetória, adquirido duas unidades de carga de eletricidade positiva. É um pouco inesperado que o átomo de um gás monoatômico como hélio carregue uma dupla carga. Não deve ser esquecido, porém, que a partícula alfa é liberada a uma alta velocidade como resultado de uma intensa explosão atômica, e lançada através das moléculas da matéria em seu caminho. Tais condições são excepcionalmente favoráveis à perda de elétrons que compõe o sistema atômico. Se a partícula alfa pode perder dois elétrons deste modo, a dupla carga é explicada. (RUTHERFORD, Nobel Lecture, 1908.).

Ele ainda considerou que os átomos dos elementos radioativos pudessem ser constituídos por átomos de hélio. Poderia ser um novo modelo atômico para elementos radioativos?

[...] há muitas razões para acreditar que as partículas alfa, quando são liberadas pela grande maioria das substâncias radioativas, são idênticas em massa e constituição e deve consistir em átomos de hélio. Conseqüentemente nós somos guiados à conclusão que os átomos dos elementos radioativos primários como urânio e tório devem ser constituídos em parte pelo menos de átomos de hélio. Estes átomos são libertados em fases definidas das transformações a uma taxa que independe do controle laboratorial. (RUTHERFORD, *Nobel Lecture*, 1908.).

Rutherford ainda comenta que, devido à característica do hélio ser um elemento quimicamente inerte a outras substâncias, é muito notável que deveria ter um papel proeminente na constituição atômica do urânio, do tório e do rádio. Pode ser que esta propriedade do hélio de formar átomos complexos está, de algum modo, conectado com sua inabilidade para entrar em combinações com outros elementos químicos.



Devemos ter em mente que, na época, o modelo atômico vigente era o de Thomson. É por esse motivo que Rutherford e Royds denominaram a partícula alfa como átomos de hélio e não “núcleos de hélio” como dizemos hoje. O átomo com a estrutura nuclear foi proposta por Rutherford somente em 1911, no artigo *O espalhamento das partículas alfa e beta pela matéria e a estrutura do átomo* (*The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and the Structure of the Atom*).

## 2. Considerações finais.

Esse episódio da História da Química pode proporcionar aos alunos uma visão de como a ciência foi e está sendo construída, e também que as tentativas e erros dos cientistas fazem parte da construção da Ciência. Além disso, o contato direto com as hipóteses, as técnicas e os instrumentos científicos construídos por eles proporciona ao aluno uma visão mais abrangente do fazer científico. Por exemplo, a ciência não é aquilo que está nos livros didáticos, o trabalho científico não é realizado isoladamente, mas sempre por uma comunidade científica.

Agradecemos a FAPEMIG pelo apoio.

### Referências Bibliográficas

CASTRO, R. S. História e Epistemologia da Ciência: Investigando suas contribuições num curso de Física de segundo grau. Dissertação de mestrado. Instituto de Física/Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1993.

GAGLIARDI, R. Cómo Utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.3, p.291-296. 1988.

GAGLIARDI, R., GIORDAN, A. La Historia de las Ciencias: Una Herramienta para la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, p. 253-258, 1986.

MARTINS, R. A. Sobre o Papel da História da Ciência no Ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira da História da Ciência*, 9, 3-5, 1990.

MORTIMER, *O ensino de teoria atômica e de ligação química no segundo grau: drama, tragédia ou comédia?* Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 1988.

RUTHERFORD, E., SODDY, F, The Cause and Nature of Radioactivity part I, set/1902. IN. *The Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson*. Volume I, New Zealand, Cambridge, Montreal. Interscience Publishers Inc. New York, 1962.

RUTHERFORD, E. The Radiation and Emanation of Radium – Part II, ago/1904b. IN. *The Collected Papers of Lord Rutherford of Nelson*. Volume I, New Zealand, Cambridge, Montreal. Interscience Publishers Inc. New York, 1962.

RUTHERFORD, E. The Chemical Nature of the Alpha Particles from Radioactive Substances: *Ernest Rutherford – Nobel Lecture*, 1908.

RUTHERFORD, E., ROYDS, T. The Nature of the  $\alpha$  Particle from Radioactive Substances. *Philosophical Magazine*, Nov/1909, p. 261 – 268.

RUTHERFORD, E., The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and the Structure of the Atom: *Philosophical Magazine*, series 6, volume 21, Abril/1911.