

## Partículas alfa como projéteis subatômicos: os trabalhos de Hans Geiger

Deividi Marcio Marques

### Resumo

*Os trabalhos para desvendar a estrutura da matéria no começo do século passado fizeram com que vários cientistas elaborassem diferentes experimentos de modo a permitir o entendimento e o arranjo atômico em diferentes metais. Um dos físicos que merece destaque foi Johannes Wilhelm Geiger (1882-1945), também conhecido como Hans Geiger, que desenvolveu uma maneira de estudar a estrutura dos metais utilizando partículas alfa provenientes de compostos de rádio. A técnica consistia em bombardear finas folhas de diferentes metais com partículas alfa e analisar seus desvios. Essa técnica possibilitou que, futuramente, fosse possível a elaboração de outro experimento que constatou, entre outros aspectos, o núcleo atômico. Será apresentado, portanto, neste artigo a tradução comentada do artigo *On the Scattering of the  $\alpha$ -Particles by Matter*.*

**Palavras-chave:** Partícula alfa; espalhamento de partículas; Hans Geiger

### Abstract

*The work to unravel the structure of matter at the beginning of the last century led several scientists to design different experiments to allow understanding and arrangement atomic metals. One of the prominent physicists was Johannes Wilhelm Geiger (1882-1945), also known as Hans Geiger, who developed a way to study the structure of metals using alpha particles from radio compounds. The technique consisted of bombarding thin sheets of different metals with alpha particles and analyzing their deviations. This technique made it possible, in the future, to develop another experiment that found, among other aspects, the atomic nucleus. Therefore, it will be presented in this paper how Hans Geiger elaborated his experiments, highlighting their results and difficulties. In addition, the importance of this historical episode in Basic Education will be discussed.*

**Keywords:** Alpha particles; scattering particle; Hans Geiger

### Introdução

No começo do século passado as pesquisas envolvendo diferentes formas de radiações nucleares, em especial as partículas alfa, eram utilizadas como possibilidade de estudar e entender a estrutura atômica dos mais variados metais como o ouro, cobre, alumínio entre outros.

Na realidade, espalhamentos de partículas alfa ao atravessarem diferentes metais já haviam sido observado<sup>s</sup> por Ernest Rutherford e esses resultados publicados desde o ano de 1906<sup>1</sup> quando ainda era professor na Universidade McGill no Canadá. Ao se mudar para a Universidade de Manchester, em 1908, Rutherford encontra Geiger que, juntos ou independentes, elaboraram uma série de experimentos com

<sup>1</sup> E. Rutherford, Phil. Mag., vol. 12, p. 143, 1906.

objetivos de desvendar a estrutura dos metais, natureza e carga elétrica carregada por essas partículas entre outros objetivos.

Hans Geiger<sup>2</sup> ficou famoso por ter inventado o Contador Geiger, um instrumento de medida que detecta radiações nucleares e é utilizado até hoje nas mais diversas atividades. Este instrumento foi fruto de suas pesquisas envolvendo radiações. Para os propósitos desta comunicação, será apresentado um interessante artigo publicado em julho de 1908 pela na *Proceedings of the Royal Society of London* em julho de 1908 intitulado “Sobre o Espalhamento das partículas alfa pela matéria”<sup>3</sup>, cujo texto mostra um método utilizado em contar o número de partículas alfa que se espalhavam ao atravessarem a matéria<sup>4</sup> e, deste modo, ter uma noção de como os átomos estão organizados na matéria.

Foi a partir desta comunicação que Rutherford solicitou a Geiger a investigação se havia partículas alfa que, ao atravessarem as folhas de diferentes metais, tem sua trajetória mudada de tal forma que elas retornam a sua origem ou, em termos mais simples, se chocar com a folha do metal e retornar. Semanas depois de experimentos, Geiger e seu ajudante Marsden<sup>5</sup> encontraram algumas partículas alfa com esse comportamento.

Esse fato foi investigado matematicamente e fisicamente por Rutherford que lançou a hipótese que esse fenômeno só seria possível se pensasse numa estrutura atômica cuja carga elétrica estivesse concentrada num único ponto que, inicialmente, foi chamada de carga central.<sup>6</sup>

A tradução do trabalho de Geiger, a seguir, nos mostra como eram, portanto, realizados os experimentos de espalhamentos de partículas alfa pela matéria. Em momentos oportunos serão realizadas explicações para elucidar determinados fatos ou conceitos por meio de notas.

## O espalhamento de partículas alfa pela matéria

No decurso das experiências realizadas pelo Professor Rutherford e por mim para determinar com precisão o número de partículas expelidas a partir de 1 grama de rádio, nossa atenção foi direcionada para uma notável dispersão das partículas alfa através da matéria. O efeito do espalhamento<sup>7</sup> é bem

---

<sup>2</sup> Na verdade, seu verdadeiro nome era Johannes Wilhelm Geiger. Ele próprio adotou o nome de Hans Geiger em suas comunicações e publicações.

<sup>3</sup> GEIGER, H. On the Scattering of the  $\alpha$ -Particles by Matter, *Proceedings of the Royal Society of London*, Jul/ 1908, p. 174-177

<sup>4</sup> Entende-se por matéria, neste caso, diferentes lâminas de metais, como ouro, alumínio, chumbo entre outros.

<sup>5</sup> GEIGER, H, MARSDEN, E., On a Diffuse Reflection of the  $\alpha$  - Particles: *Philosophical Magazine*, Jun/1909.

<sup>6</sup> 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.

<sup>7</sup> Os termos dispersão e espalhamento (do inglês, *scattering*) são sinônimos.

conhecido no caso de partículas beta. Um feixe estreito de raios beta, depois de atravessar uma placa de metal, surge como um feixe difuso. Um efeito semelhante, mas em menor extensão, também era conhecido no caso das partículas alfa. O Professor Rutherford<sup>8</sup> mostrou que a imagem produzida em uma placa fotográfica<sup>9</sup>, quando os raios alfa atravessam uma fenda, amplia quando a esta foi coberta com uma folha fina de mica, enquanto uma imagem bem definida foi obtida, em vácuo, com a fenda descoberta. A questão da existência real do espalhamento das partículas alfa foi discutida por Kucera e Masek<sup>10</sup>, de W. H. Bragg<sup>11</sup>, L. Meitner<sup>12</sup>, e E. Meyer<sup>13</sup>.

Alguns experimentos foram feitos usando o método de cintilação<sup>14</sup> para determinar a magnitude do espalhamento das partículas alfa que atravessam a matéria. O aparelho utilizado é mostrado na figura 1.

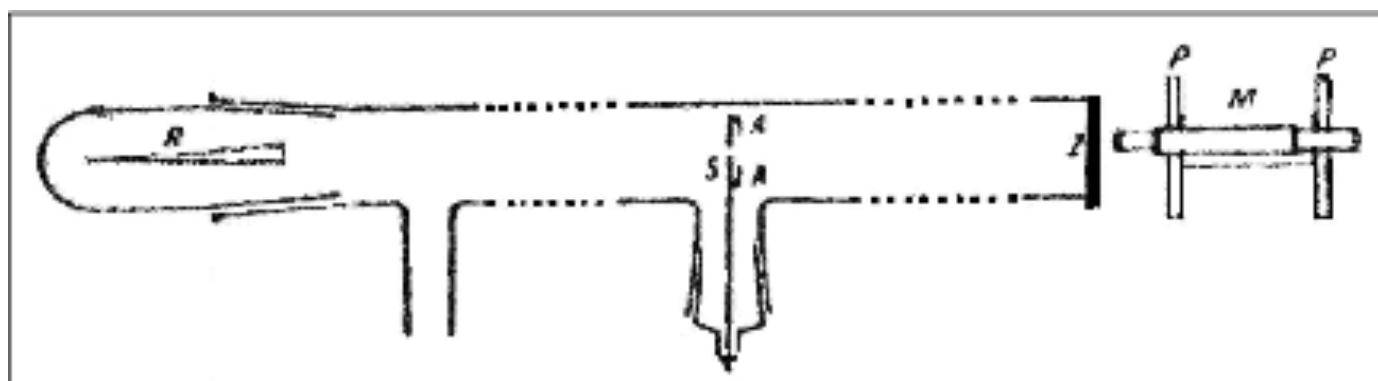


Figura 1. Aparato utilizado por Geiger.<sup>15</sup>

A parte principal consiste num tubo de vidro com cerca de 2 metros de comprimento e cerca de 4 cm. de diâmetro. As partículas provenientes de uma fonte forte<sup>16</sup> foi colocada em R e as partículas passaram por um fenda estreita S e produziu uma imagem em uma tela fosforescente Z, que foi colada no final do tubo de vidro. A abertura desta fenda era de 0,9 mm, e a largura da imagem produzida na tela era cerca de 2 mm, dependendo das dimensões e da distância da fonte. Os números de cintilações em diferentes pontos da tela foram contados diretamente por meio de um microscópio adaptado M, com uma

<sup>8</sup> E. Rutherford, 'Phil. Mag.', vol. 12, p. 143, 1906.

<sup>9</sup> As placas fotográficas, na época, eram feitas a partir de sulfeto de zinco (ZnS).

<sup>10</sup> Kucera and Masek, 'Phys. Z. S.', vol. 7, p. 650, 1906.

<sup>11</sup> W. H. Bragg, 'Phil. Mag.', vol. 13, p. 507, 1907.

<sup>12</sup> L. Meitner, 'Phys. Z. S.', vol. 8, p. 489, 1907.

<sup>13</sup> E. Meyer, 'Phys. Z. S.', vol. 8, p. 425, 1907.

<sup>14</sup> Cintilação foi um método amplamente utilizado e decorre quando uma partícula alfa se choca com uma chapa fotográfica e produz um pequeno brilho, ou ponto brilhante.

<sup>15</sup> Extraído do original *On the Scattering of the  $\alpha$ -Particles by Matter*.

<sup>16</sup> Neste caso, foi utilizado brometo de rádio (RaBr<sub>2</sub>).

ampliação de 50 vezes. A área da tela que pode ser vista através do microscópio era cerca de 1 mm. O número de cintilações contadas variou entre dois ou três por minuto e cerca de 80 por minuto. No que diz respeito ao microscópio e o método mais conveniente para contar as cintilações, as dicas dadas por E. Regener<sup>17</sup> em seu recente artigo se mostrou muito útil. O microscópio foi montado em um slide<sup>18</sup> PP de modo que as cintilações produzidas em variadas distâncias em relação ao centro da tela podiam ser observadas. A posição real do microscópio foi obtida em uma escala milimétrica fixada ao slide.

As primeiras experiências foram feitas com o rádio C<sup>19</sup>, que havia sido depositado em um pequeno pedaço de metal como uma fonte de raios alfa; mas logo se tornou óbvio que, devido à sua taxa relativamente rápida de decaimento, era impossível obter quaisquer resultados definidos. Para evitar essa dificuldade, a emanção<sup>20</sup> de vários miligramas RaBr<sub>2</sub><sup>21</sup> foi inserida sob baixa pressão em um tubo de vidro R, como visto na figura 1. Em uma das extremidades desse tubo, que era menos de 2 mm de diâmetro interno, foi selado por uma fina camada de mica através do qual as partículas  $\alpha$  poderiam passar livremente. Desta forma, foi possível uma intensa fonte de emissão a partir de uma pequena área e as cintilações na tela pôde ser facilmente contada em pontos diferentes sem quaisquer correções de decaimento radioativo.

Em um bom vácuo, dificilmente se observam cintilações na mesma direção da fenda. Mas, ao permitir um pouco de ar dentro do tubo, o área onde as cintilações foram observadas aumentou. Movendo o microscópio ao longo de toda a tela e contando o número de cintilações em intervalos definidos, geralmente a cada dois milímetros, foi obtida uma curva da distribuição das partículas alfa. O número de cintilações foi pequeno no limite extremo da tela, mas aumentou rapidamente em direção ao centro.

Resultados semelhantes foram obtidos no vácuo e cobrindo a fenda com folhas de ouro ou alumínio. As folhas foram colocadas em um suporte AA conectado com a fenda S. A distribuição das partículas alfa que atingem a tela foram medidas da mesma maneira que antes. A figura 2 mostra alguns exemplos típicos das curvas que foram obtidas. A curva A mostra a distribuição das cintilações em vácuo. Um leve espalhamento também foi observado neste caso, provavelmente devido aos últimos traços de ar no tubo. A segunda curva B mostra o efeito se a fenda é coberta com uma folha de ouro. A área sobre a qual as cintilações foram observadas em uma área muito mais ampla e a diferença na distribuição poderia

<sup>17</sup> E. Regener, 'Verhdlg. d. D. phys. Ges.', vol. 10, p. 78, 1908.

<sup>18</sup> O termo *slide* empregado pode ser entendido como trilhos.

<sup>19</sup> Na época, os processos de decaimento radioativo ainda não estavam tão bem elucidados conforme conhecemos e ensinamos hoje. O rádio C para nós, hoje, é um composto formado por bismuto radioativo.

<sup>20</sup> O termo emanção (*emanation*) aparece constantemente em trabalhos daquela época e podemos entender como um vapor, ou um gás, radioativo. Em vários trabalhos encontramos como primeiro produto do decaimento de compostos de rádio a emanção. Hoje, essa emanção é o gás nobre Radônio, identificado em 1909.

<sup>21</sup> Brometo de rádio.

ser facilmente notado a olho nu. As medições reais são dadas na curva B. A terceira curva C mostra o efeito de duas folhas de ouro juntas.

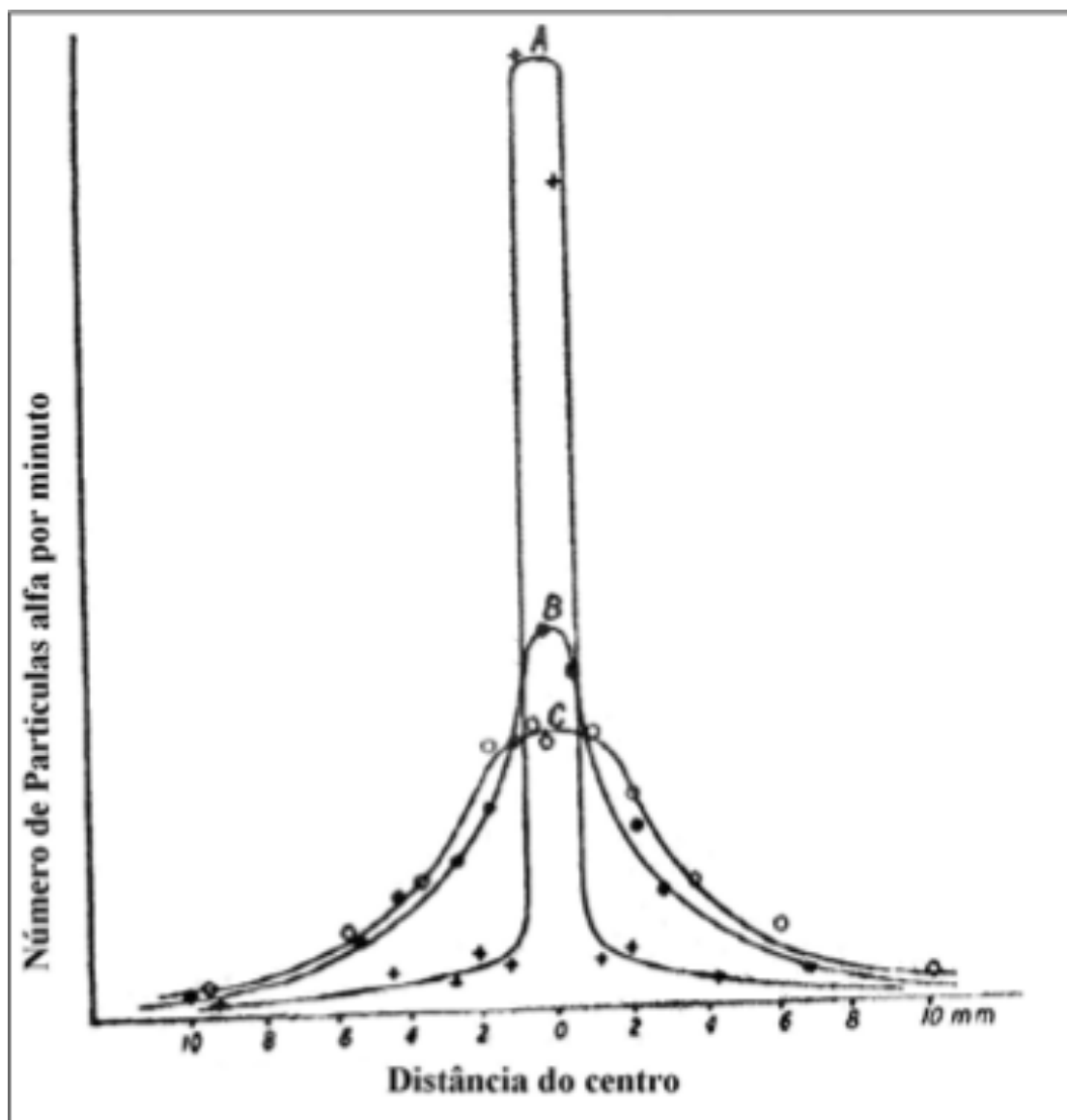


Figura 2. Resultados obtidos por Geiger em seu experimento sobre os espalhamentos das partículas alfa através das folhas de ouro.<sup>22</sup>

As curvas como dadas na fig. 2 são relacionadas à absorção das folhas dos metais. Alguma absorção ocorreu, uma vez que partículas de diferentes velocidades foram emitidas. Alguns experimentos também foram feitos usando folhas de alumínio. A folha de alumínio mostrou claramente o efeito de espalhamento, mas em uma extensão muito menor que folha de ouro, se equivalentes espessuras fossem usadas.

<sup>22</sup> A figura foi extraída do original com tradução das legendas dos eixos horizontais e verticais.

As observações que acabamos de descrever dão evidência direta de que há uma dispersão muito acentuada de raios alfa na passagem pela matéria, seja ela gasosa ou sólida. Será notado que algumas das partículas após a passagem pelas finas folhas - o poder de interrupção de partícula era em torno de 1 mm de ar - foram desviados através de um ângulo muito apreciável. Os experimentos estão sendo continuados com todas as substâncias para as quais possível obter amostras finas na esperança de estabelecer alguma conexão entre o poder de espalhamento e o poder de parada desses materiais<sup>23</sup>.

Uma investigação mais completa também nos permitirá tratar o assunto de um ponto de vista teórico. Em conclusão, desejo expressar meus agradecimentos ao Professor Rutherford pelo interesse que ele tomou nesses experimentos.

### Algumas considerações

O artigo traduzido e comentado é um material histórico que pode proporcionar aos professores da Educação Básica um interessante material ao tratar conteúdos envolvendo o conceito de radioatividade na Educação Básica e contextualizar esses estudos. É, portanto, por esses aspectos que os conhecimentos trazidos pelos estudos em História da Ciência que nos permite nos aprofundar em temas presentes nos livros didáticos visando uma aprendizagem mais atualizada e evidenciando como era realizada esse tipo de pesquisa numa época aonde não havia computadores e equipamentos eletrônicos e mais elaborados como podemos encontrar nos modernos laboratórios de pesquisa.

Além disso, esse material atrelado a práticas de ensino e aprendizagem que incorporem e valorizem elementos da História da Ciência pode se resgatar os fatos a fim de se obter uma descrição coerente e organizada de suas bases e dos fundamentos tanto observacionais quanto experimentais e dessa forma ter uma visão dos recursos disponíveis, tanto físicos, como químicos, na pesquisa científica do começo do século passado.<sup>24</sup>

No mais, a História da Ciência possibilita o acesso ao processo gradativo e lento da construção do conhecimento, das limitações, dos métodos, e desmistifica o conhecimento científico sem destituir seu valor<sup>25</sup>.

<sup>23</sup> A explicação para tal efeito pode ser entendida admitindo que, na época, Geiger tinha em mente o modelo atômico de Thomson. Quando uma partícula alfa atravessa o metal sofre um grande número de pequenos desvios em direções aleatórias, ou seja, ao encontrar um átomo da folha do metal, no caso ouro, cada encontro provoca um pequeno desvio. Quanto mais fina é a folha de ouro, menor a probabilidade da partícula alfa encontrar um átomo no decorrer do seu percurso e, conseqüentemente, apresentar pequenos desvios. Essa probabilidade de encontros aumenta quanto maior o número de folhas for utilizado, conforme mostra a figura 2.

<sup>24</sup> Deividi M. Marques, "As investigações de Ernest Rutherford sobre a estrutura da matéria: Contribuições para o Ensino de Química" (dissertação de mestrado, UNESP – Bauru, 2006).

<sup>25</sup> Lilian Al-Chueyr P. Martins, "A História da Ciência e o Ensino de Biologia". *Jornal Semestral do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino e Ciência FE- UNICAMP* 5 (1998):18-21.

**SOBRE O AUTOR:**

Deividi Marcio Marques  
Instituto de Química - UFU  
[deividi@ufu.br](mailto:deividi@ufu.br)