

ESPALHAMENTO CLÁSSICO: UMA PROPOSTA DE ENSINO QUALITATIVA PARA O ENSINO MÉDIO E SUPERIOR SOBRE MODELOS ATÔMICOS

Eduardo Henrique Bezerra da Silva^{1,3}

Allamys Allan Dias da Silva^{1,4}

Bruno Henrique Ferreira Moraes^{1,5}

Sergio de Lemos Campello^{1,2,6}

Augusto César Lima Moreira^{1,2,7}

Luis Henrique Vilela Leão^{1,2,8}

¹Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, 55002-970 Caruaru, Pernambuco, Brasil

²Núcleo Interdisciplinar de Ciências Exatas e Inovação Tecnológica, Universidade Federal de Pernambuco, 55002-970 Caruaru, Pernambuco, Brasil

³eduardofpe@outlook.com

⁴allan16@outlook.com

⁵brunohfmorais@gmail.com

⁶slcampello@yahoo.com.br

⁷aclm@df.ufpe.br

⁸luishvleao@yahoo.com

RESUMO: Neste trabalho, foi elaborado um experimento de Espalhamento clássico, com uma metodologia simples e acessível, possibilitando uma boa análise do espalhamento sofrido por uma partícula sujeita a uma força central, no caso um ímã e esferas metálicas, em analogia com o átomo e partículas carregadas eletricamente. O aparato experimental, aqui construído, é de baixo custo e feito com materiais comuns, possibilitando a aquisição de dados, que ao serem analisados, mostrará uma dos principais raciocínio utilizado no experimento de espalhamento de Rutherford que contribuiu para a imagem, mais popular, do átomo que temos hoje.

INTRODUÇÃO

A ciência, principalmente a física, como área de conhecimento que busca estudar e descrever os fenômenos da natureza, faz uso de muitos recursos para tentar, cada vez mais, aproximar-se do cidadão comum. Na tentativa de representar essa realidade, a ciência lança mão dos modelos. É o caso, por exemplo, dos modelos atômicos: eles são representações do objeto átomo, pois é impossível ter acesso à sua “verdadeira” realidade.

Assim, como destaca Brockington [1,p. 161], “os modelos desempenham um papel imprescindível na construção do conhecimento científico”, sendo a essência do processo científico, pelo qual pode-se apreender conceitualmente a realidade. Desta forma, os modelos se tornam aspectos importantes a serem discutidos em sala de aula, porque além de tratarem as várias representações de objetos ou conceitos desenvolvidos durante a história do pensamento da humanidade, mostram ainda como as ideias dos diversos cientistas são aperfeiçoadas, trazendo consigo um caráter epistemológico para o ensino de ciências, trabalhando a ideia de modelo utilizada na ciência. Entretanto, se olharmos para a sala de aula, veremos que eles estão longe de

estarem presentes nesse ambiente. Isso gera um conflito: se os modelos desempenham papel tão importante no conhecimento científico, por que então eles estão pouco inseridos na sala de aula? Parece que o ensino não tem dado tanta importância aos modelos como é dado pelo conhecimento científico. Apresentamos aqui como, a partir de uma atividade que aborda o espalhamento de Rutherford, pode-se discutir a ideia de modelo utilizado pela ciência.

No final do século XIX, os cientistas sabiam que os átomos eram eletricamente neutros e tinham um diâmetro da ordem de 10^{-10} m. Contudo, a estrutura interna dos átomos, era (e ainda é) desconhecida, sendo o modelo mais aceito até então, o modelo (popularmente apelidado de pudim de passas) de J. J. Thomson, que descreve o átomo como uma esfera maciça de carga positiva uniformemente distribuída, “embebida” de elétrons que vibravam em seu interior. Um outro modelo foi elaborado pelo japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950) em 1904. Para ele, o átomo era formado por um caroço central positivo rodeado de anéis de elétrons girando com a mesma velocidade angular, semelhante ao planeta Saturno. Ficou conhecido, portanto, como modelo saturniano. O modelo de Thomson começou a cair em descrédito a partir de experimentos realizados por Ernest Rutherford e seus estudantes Geiger e Marsden, que estudaram a radioatividade natural do urânio e perceberam que o mesmo emitia dois tipos de partículas distintas, denominadas alfa (α) e beta (β).

Neste artigo, o aparato experimental será basicamente uma analogia ao experimento de Rutherford, onde ambos trabalham com o conceito de espalhamento clássico, ou seja, tratando a matéria exclusivamente como partícula, e com os dados coletados serão usados para alcançar o raciocínio que Rutherford teve a cerca da estrutura do átomo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em 1911, Rutherford propôs que o átomo se comportava como um sistema planetário em miniatura, formado de uma parte central positiva, a qual denominou *núcleo*, onde se concentrava praticamente toda a massa do átomo e, ao redor deste núcleo, haveria uma nuvem de elétrons girando, a *eletrosfera*. Com isso, o modelo atômico de Thomson foi derrubado. Dessa forma, o conceito de átomo passou a ter um significado bem diferente daquele original dado pelos gregos. A ideia de Rutherford do espalhamento utilizando partículas de alta energia inaugurou uma forma efetiva de sondar a estrutura atômica e, assim, tentar “enxergar” objetos tão sutis como o núcleo atômico e, posteriormente, a estrutura de partículas como o próton e o nêutron. Esse método foi de fundamental importância na constatação da estrutura interna das partículas, consolidando através de medidas experimentais a ideia dos quarks.

O grande mérito de Rutherford foi perceber que as tais partículas α , por possuírem massa elevada e serem emitidas com altas energias, poderiam servir como um “instrumento” para sondar o “interior” da matéria. Rutherford e seus estudantes iniciaram uma série de experimentos onde várias folhas finas de metais eram dispostas como “alvos” de um feixe colimado de partículas α . Ao atravessar tais folhas as partículas incidiam em um anteparo de sulfeto de zinco, que por sua vez emitia cintilações luminosas ao ser atingido pelas partículas conforme mostra a figura abaixo.

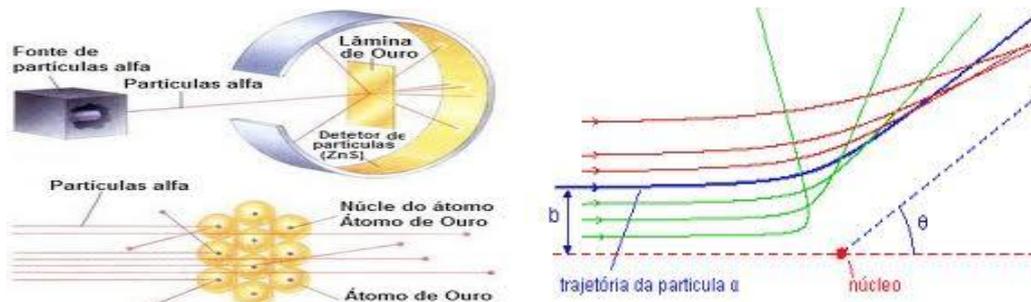


Figura 1: (Esquerda) Esquema do espalhamento Rutherford com partículas alfa. (Direita) Ângulo de espalhamento em função do parâmetro de impacto b .

A distribuição angular das cintilações na tela de sulfeto de zinco mostrou que, contrariamente as previsões de Rutherford feitas para o modelo de átomo de Thomson, grande parte das partículas α ou não sofria nenhum tipo de deflexão, ou eram defletidas por ângulos muito pequenos (cerca de 1°). Contudo, para pouquíssimas partículas o ângulo de deflexão era bem grande, com alguns chegando a 90° . Rutherford foi então levado a concluir que as grandes deflexões observadas experimentalmente eram resultados de “encontros” de partículas α com uma carga positiva confinada em uma região muito menor que o átomo como um todo. Supondo este “núcleo” como uma carga pontual, através do formalismo clássico de ESPALHAMENTO, Rutherford pôde calcular valores esperados da distribuição angular do espalhamento de partículas α , com resultados muito próximos aos obtidos experimentalmente. Surgia então o “átomo nuclear”, em detrimento do modelo de Thomson.

Nesta atividade, o nosso centro espalhador será composto por um ímã de alto-falante e a nossa “partícula” será uma esfera metálica (ferromagnética), conforme mostra a figura abaixo, onde b é o parâmetro de impacto.

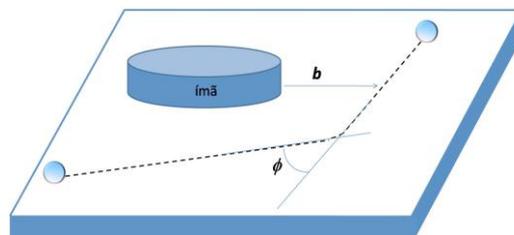


Figura 2: esquema experimental para espalhamento em duas dimensões.

Quando a esfera se aproxima do ímã, a mesma sofre uma magnetização (em função da distância do mesmo) e temos aí uma força de atração entre dipolos magnéticos. Tal força desvia a esfera da sua trajetória inicial espalhando a mesma de um determinado ângulo. Como o sistema é bidimensional (2-D), pois a esfera está restrita a se mover no plano da mesa, a formulação matemática muda levemente quando compara com o caso em 3-D. Assim, a conservação do fluxo é dada por: $I|db| = I\sigma(\vartheta)|d\vartheta|$, ou simplesmente: $\sigma(\vartheta) = \frac{|db|}{|d\vartheta|}$. Note que neste caso também $b \equiv b(\vartheta, E)$, todavia, a seção de choque 2-D ($\sigma(\vartheta)$) possui dimensão de comprimento e não de área.

METODOLOGIA

Para construção do aparato experimental, foram usados os seguintes materiais: 1 tábua de madeira plana; 1 barra de isopor; folhas de papel ofício; 1 rampa de plástico; fita adesiva; 1 régua; 1 transferidor de 180°; 1 imã circular; 10 esferas metálicas.

Usando uma barra de isopor, foi construído um anteparo para as esferas metálicas, dividido em partes iguais por pedaços retangulares de folha de ofício, semelhantes a cerdas na barra. Em seguida, essa barra é fixada em uma das laterais da tábua de madeira e no lado oposto, na extremidade, é fixada a rampa com um apoio de isopor, fazendo com que sua inclinação seja fixa, conforme mostra a figura abaixo.



FIGURA 3. TÁBUA DE ESPALHAMENTO MONTADA.

Uma faixa feita com papel milimetrado é fixada na tábua, sob o terminal da rampa. Por fim, é fixada uma linha no centro do transferidor. Para fazer uso do aparato experimental é necessário que a tábua seja posta sobre uma superfície plana, para que não aja interferência nos movimentos das esferas metálicas sobre a tábua devido inclinações indesejadas. O imã é posto próximo ao final da rampa a uma distância medida com o auxílio do papel milimetrado fixado, o parâmetro de impacto. Em seguida, as esferas metálicas são soltas na rampa e ao deixarem sofreram uma deflexão devido a atuação do imã e assim elas vão parar na barra de isopor, entre as cerdas. Então o transferidor é usado para medir o ângulo entre o início da trajetória da esfera sobre a tábua e sua posição final entre as cerdas. Então, para diferentes distâncias entre o imã e o final da rampa, são lançadas as 10 esferas e assim medidos os ângulos de deflexão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o experimento, a distância entre o imã e a esfera ao deixar a rampa, será o parâmetro de impacto (b) e os ângulo medidos com o transferidor serão os ângulo de espalhamento (θ). Então, para diferentes valores de b medimos os valores de θ , os dados estão na Tabela 1.

Parâmetros de Impacto(cm)	Ângulos de espalhamento das esferas (°)									
	1,0	22	22	31	31	32	35	40	43	44
1,1	11	16	16	20	22	22	22	26	29	35

1,2	15	15	17	17	20	20	21	22	29	29
1,3	7	7	10	10	10	15	15	17	20	21
1,4	3	10	10	15	15	15	17	17	17	17
1,5	4	5	5	5	7	7	9	9	12	13
1,6	0	2	2	2	2	2	2	8	8	12
1,7	0	0	0	2	2	2	2	3	3	3
1,8	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2
1,9	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2

Tabela 1. Ângulo de espalhamento para diferentes parâmetros de impacto

Com os dados da Tabela 1, calculamos a média dos ângulos de espalhamento esperado para cada parâmetro de impacto, Tabela 2.

Parâmetros de impacto (cm)	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Ângulo Médio de Espalhamento Esperado (°)	34,6	21,9	20,5	13,2	13,6	7,6	4	1,7	1	0,6

Tabela 2. Ângulo médio de espalhamento para cada valor de parâmetro de impacto

Usando um software, o Scidavis, fazemos um ajuste linear. Também poderia ser usado o Excel. Assim é construído um gráfico com os valores da Tabela 2, Figura 5.

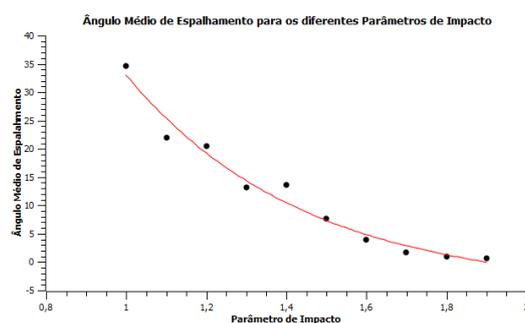


Figura 5 .Ajuste linear no Gráfico do Ângulo de espalhamento para cada parâmetro de impacto.

Assim, encontramos uma equação para o parâmetro de impacto em função do ângulo de espalhamento: $b = 4415,9 e^{-4,528\theta}$

Com esta função, é possível estimar o parâmetro de impacto para os ângulos de espalhamento conhecidos. Assim, aplicando a analogia ao átomo, com os ângulos observados no espalhamento, foi possível estimar a distância das partículas ao centro de espalhamento, no caso o núcleo do átomo e esse valor era menor que o diâmetro do átomo, observando isso, Rutherford propôs que o núcleo do átomo fosse muito menor que o próprio átomo, estando em uma região muito pequena no seu interior.

Como as partículas alfas são positivas, se elas sofrem uma repulsão, é devido a uma carga positiva, no caso essa carga seria o núcleo o átomo, aqui não estamos atentos a sua constituição. E essas foram algumas das principais que levaram Rutherford a propor seu modelo. E esse experimento, visa a entender o espalhamento clássico usado por ele, pode ser usado no ensino médio e também no ensino superior.

LEVANDO A PROPOSTA DE ENSINO SOBRE RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO PARA SALA DE AULA

O intuito principal para essa proposta é que os alunos entendam como se deu a descoberta do modelo atômico de Rutherford, assim podendo compreender como acontece uma pesquisa científica. De início, antes de apresentar o experimento, o professor poderia abordar os modelos atômicos anteriores ao de Rutherford e enquanto estivesse abordando o modelo de Rutherford, aplicasse o experimento. O experimento deve proceder com os alunos jogando as bolas pela rampa, dez bolas já é um número bom, e com o uso do transferidor ir medindo o ângulo de desvio das bolas, após o lançamento das dez bolas o parâmetro de impacto (b) deve ser mudado. Então os alunos construiriam um gráfico do parâmetro de impacto em função do ângulo de desvio médio. Outra proposta também interessante de cunho estatístico é jogar um número grande de bolas para ver a curva que forma no anteparo que recebe as bolas, e assim tentar observar um comportamento para esse tipo de espalhamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal trabalho pode ser utilizado de diversas maneiras, bem como analisado de diferentes pontos de vista a fim de trabalhar conteúdos diferentes. Após sua construção, o aparato mostrou-se relevante, de fácil aplicação e proporciona resultados que podem ser analisados tanto visualmente, quanto matematicamente. As propostas e objetivos de sua aplicação variam dependendo do público onde será trabalhado, como por exemplo, em se tratando do ensino médio, podemos utilizá-lo para mostrar o desvio da trajetória da esfera de ferro ao passar próximo ao ímã bem como, se tratando de um ensino superior, os resultados encontrados do parâmetro de impacto em função do ângulo de espalhamento podem ser facilmente ajustados por um decaimento exponencial, podendo utilizá-lo para encontrar a seção de choque de um ímã.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

P. A. Tipler, R. A. Liewellyn; FÍSICA MODERNA, 3ªed., Editora LTC, 2006, Rio de Janeiro.

H. Goldstein, C. Poole, J. Safko; CLASSICAL MECHANICS, 3ªed., Ed. Addison Wesley, 2002, New York.

Notas de Aula de Laboratório de Física Moderna do Prof. Sergio Campello, 2015, Caruaru.



John R. Ritz, F. J. Milford, R. W. Christy; FUNDAMENTOS DA TEORIA ELETROMAGNÉTICA, 3^oed., Editora Campus, 1982, Rio de Janeiro.