

SIMULAÇÃO DO FENÔMENO DE DECAIMENTO ALFA ATRAVÉS DA REFLEXÃO INTERNA TOTAL FRUSTRADA

Josiel Afonso dos Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – josielfisica1995@gmail.com.
Rubens Raimundo de Sousa Oliveira
Universidade Federal de Alagoas – rubenspioix91@hotmail.com.
Francisco Fabrício da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – fabriciofs18@hotmail.com.

Resumo: Em 1928, Gamow, Condon e Gurney propuseram que para o decaimento alfa ocorrer é preciso que a partícula alfa ultrapasse uma barreira de potencial nuclear por meio do tunelamento quântico. Um fenômeno óptico análogo ao tunelamento quântico de partículas é a reflexão interna total frustrada. A presente pesquisa teve como objetivo simular a ocorrência do decaimento alfa através da reflexão interna total frustrada. Este trabalho utilizou-se uma metodologia fundamentada em pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental. No experimento óptico, foram utilizados dois prismas triangulares de vidro, duas tiras de papel A4 e um laser convencional. Os resultados da pesquisa mostraram que a reflexão interna total frustrada só ocorria para ângulos de incidência maiores do que o ângulo crítico, e foi observado que uma parcela do raio laser incidente no primeiro prisma sofreu tunelamento na barreira de ar. Com o trabalho elaborado, foi possível analisar que o experimento da reflexão interna total frustrada é um procedimento didático e eficaz para simular o decaimento alfa. Como o experimento proposto é de baixo custo e de fácil realização, o mesmo pode ser utilizado como uma atividade experimental nos cursos de licenciatura em Física.

Palavras chave: Decaimento Alfa, Tunelamento Quântico, Reflexão Interna Total Frustrada.

1. Introdução

Na Física Nuclear, o decaimento alfa é um fenômeno que acontece em núcleos radioativos ($Z \geq 82$), onde o núcleo pai instável decai nos núcleos filhos através da emissão espontânea de uma partícula alfa (núcleo de Hélio) (EISBERG; RESNICK, 1979). Em 1928, Gamow, Condon e Gurney trataram o decaimento alfa como um problema quântico, e propuseram que para o decaimento alfa ocorrer é preciso que a partícula alfa ultrapasse uma barreira de potencial nuclear por meio do tunelamento quântico (penetração de barreiras).

Um fenômeno óptico análogo ao tunelamento quântico de partículas é a reflexão interna total frustrada, também conhecido como tunelamento de fótons. A reflexão interna total frustrada ocorre quando um raio de luz atinge uma interface vidro-ar formado por dois prismas suficientemente próximos com um ângulo de incidência maior que o ângulo crítico (ângulo para o qual um feixe de luz sofre 100% de reflexão) (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2013).

A Figura 1.1 mostra graficamente o modelo de decaimento alfa, onde E é a energia total da partícula alfa, $V(r)$ a energia potencial nuclear no qual ela está submetida e R é o raio nuclear. Observa-se nessa figura que a amplitude da função de onda associada à partícula alfa não é nula na região posterior a barreira ($r > r_1$). A figura 1.2 mostra a reflexão interna total frustrada para três raios de luz. Observa-se nessa figura que quanto mais espessa for a abertura com o ar (barreira óptica), menor a intensidade da luz transmitida no segundo prisma (menor probabilidade de tunelamento).

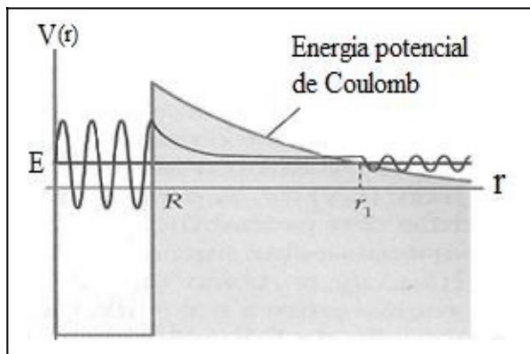


Figura 1.1. Decaimento alfa.
TIPLER; MOSCA, 2011, p. 277.

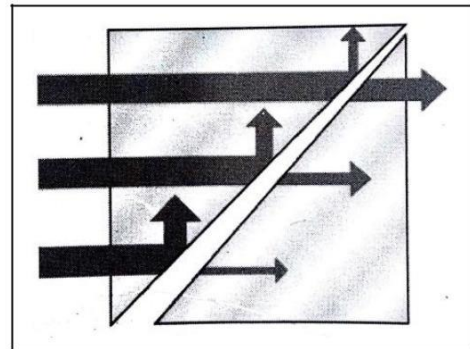


Figura 1.2. Reflexão Interna Total Frustrada.
HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2013, p. 339.

A presente pesquisa foi realizada com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, e teve como objetivo simular a ocorrência do decaimento alfa através da reflexão interna total frustrada.

2. Procedimentos Metodológicos

Para à coleta de informações associado ao objetivo proposto, este trabalho utilizou-se uma metodologia fundamentada em pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental. No experimento óptico, foram utilizados dois prismas triangulares de vidro, duas tiras de papel A4 e um laser convencional.

O experimento foi feito da seguinte forma, primeiramente foram colocadas as duas tiras de papel de espessura $d \cong 0,1 \text{ mm}$ entre os dois prismas de vidro com o intuito de formar uma barreira de ar entre si, e posteriormente, foi incidido um feixe de laser em um dos prismas com um ângulo de incidência maior que o ângulo crítico.

3. Resultados e discussões

Os resultados da pesquisa mostraram que a reflexão interna total frustrada só ocorria quando o raio laser era incidido em um dos prismas com ângulos de incidência maiores do que o ângulo crítico. Segundo Halliday, Resnick e Krane (2013), o ângulo crítico para esse prisma vale aproximadamente $41,8^\circ$.

Observou-se ainda que uma parcela do raio laser incidente no primeiro prisma sofreu tunelamento na barreira de ar, ou seja, uma parcela do raio foi transmitida para o segundo prisma e uma parcela foi refletida para o primeiro prisma.

As figuras 2.1 e 2.2 mostram as observações feitas pelo o experimento. Na figura 2.3 são mostradas as amplitudes da luz incidente e transmitida.



Figura 2.1. Reflexão interna Total.



Figura 2.2. Reflexão interna total frustrada (tunelamento de fótons).

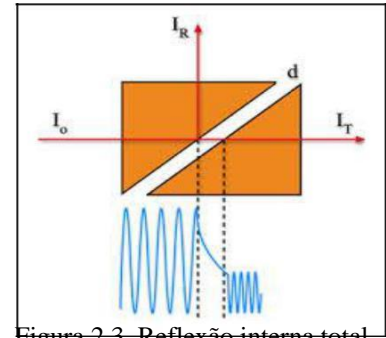


Figura 2.3. Reflexão interna total frustrada mostrando as amplitudes da luz incidente e transmitida.
<http://ensinonovo.if.usp.br/universitario-alunos/a-polarizacao-da-onda-eletromagnetica/>

Analisando as figuras 2.2, 2.3 e 1.1, foi possível fazer as seguintes analogias: o espaçamento de ar existente entre os dois prismas é análogo à barreira de energia potencial de Coulomb formada pelo núcleo atômico instável, e as amplitudes das ondas eletromagnéticas do raio laser são análogas à amplitude da função de onda do decaimento alfa.

4. Considerações finais

Com o trabalho elaborado, foi possível investigar que o experimento da reflexão interna total frustrada é um procedimento didático e eficaz para simular o decaimento alfa. Desse modo, pode-se afirmar que o análogo óptico do tunelamento quântico é a reflexão interna total frustrada. Como o experimento proposto é de baixo custo e de fácil realização, o mesmo pode ser utilizado como uma atividade experimental nos cursos de licenciatura em Física.

Embora na literatura seja possível encontrar afirmações sobre a dificuldade de observar a reflexão interna total frustrada na região do visível, o experimento mostrou que é capaz de observar na região do visível.

5. Referências

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979. 928 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física 4**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 339 p.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 3. 277 p.