

Física moderna 1 - 2º semestre/ 2010

Atividade 8 (Última!)

Data de entrega: 26/11/2010

Efeito Ramsauer-Townsend. No início da década de 1920, o físico alemão Carl Wilhelm Ramsauer (1879-1955) realizando experimentos de espalhamento de elétrons de muito baixa energia ($0.75 - 1.1$ eV) nos gases inertes (nobres) argônio (Ar), kriptônio (Kr) e xenônio (Xe), observou um efeito bastante intrigante. Ele notou que, para certos valores das energias dos elétrons, estes eram transmitidos através dos átomos com probabilidade de 100%, ou seja, era como se os átomos fossem transparentes para esses elétrons.

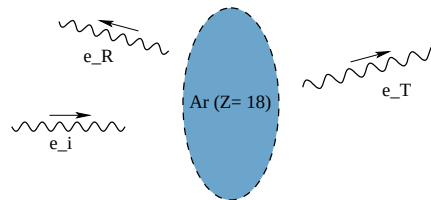


Figura 1: Modelo esquemático de um espalhamento de elétrons com um gás de argônio.

Em 1922 os físicos ingleses Sir John Sealy Edward Townsend (1868-1957) e V. A. Bailey examinaram o espalhamento estudado por Ramsauer, para elétrons de energia no intervalo $0.2 - 0.8$ eV. Essas observações ficaram conhecidas como Efeito Ramsauer-Townsend, interpretado como a primeira demonstração experimental da natureza ondulatória da matéria.

Um análogo unidimensional do efeito Ramsauer-Townsend pode ser obtido por um poço de potencial quadrado (figura 2) em que V_0 e L são, respecti-

vamente, a profundidade e o alcance do poço de potencial atrativo sentido pelos elétrons que constituem os átomos nobres.

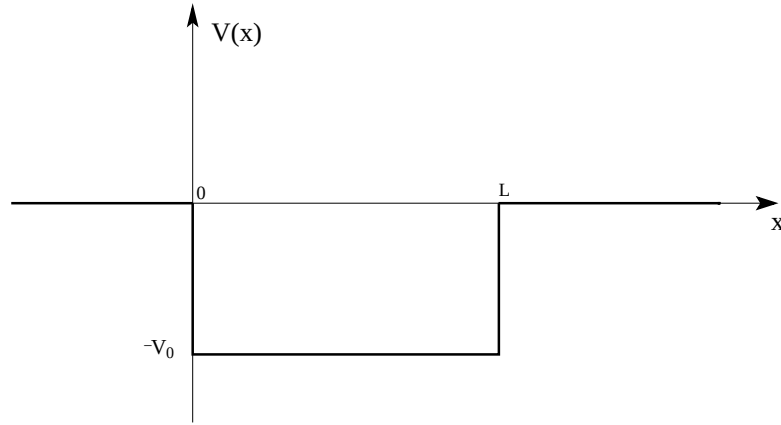


Figura 2: Poço quadrado de profundidade V_0 e largura L : uma aproximação do potencial atrativo dos núcleos de Ar.

Considere um elétron de energia $E > 0$ que sofre a influência do potencial $V(x)$ vindo do semi-eixo $x < 0$ incidindo em direção a origem. O potencial $V(x)$ é dado por:

$$V = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ -V_0, & 0 < x < L \\ 0, & x > L \end{cases}$$

1. Mostre que a solução da equação de Schrödinger independente do tempo é dada por:

$$\Psi = \begin{cases} Ae^{ikx} + Be^{-ikx}, & x < 0 \\ Ce^{iqx} + De^{-iqx}, & 0 < x < L \\ Fe^{ikx}, & x > L \end{cases}$$

onde estamos supondo que não existem partículas incidindo no lado direito do poço. Encontre k e q em termos de E e V_0 .

2. Impondo continuidade da função de onda e sua derivada nos pontos $x = 0$ e $x = L$, encontre os coeficientes de transmissão T e de reflexão R em termos de E , V_0 e L .

3. Mostre que para certos valores de q temos $T = 1$ e $R = 0$, isto é, não há reflexão. Verifique que as energias em que não há reflexão são todos os valores positivos que são dados por

$$E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2mL^2} - V_0, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

4. Mostre que o coeficiente de transmissão nunca se anula, ou seja, não é possível o fenômeno de reflexão total.
5. Em termos do exemplo acima, discuta o efeito Ramsauer-Townsend e como ele pode ser considerado como uma evidencia do caráter ondulatório da matéria.
6. Utilizando a simulação da referência², verifique que não há reflexão para valores E_3 e E_4 da energia (1) do elétron incidente, quando $L = 2.0 \text{ nm}$ e $V_0 = 0.60 \text{ eV}$. Escreva os valores de energia E_3 e E_4 . Verifique que as energias E_1 e E_2 são negativas e portanto serão descartadas.¹

Referências

1. <http://www.searadaciencia.ufc.br/folclore/folclore159.htm>
2. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/quantum-tunneling>

¹Observação: os resultados do simulador apresentam imprecisões; afinal de contas, ele foi concebido com finalidades de demonstração e não de representação “fiel” do comportamento da Natureza. Assim, as energias obtidas através do simulador têm uma razoável imprecisão. Essa incerteza pode ser minimizada se, além do valor de R fornecido pelo programa e da função que representa os coeficientes de reflexão/transmissão, for também utilizada a opção “incoming/reflected wave: separate” existente no simulador para controlar a energia em que ocorre o máximo de transmissão.