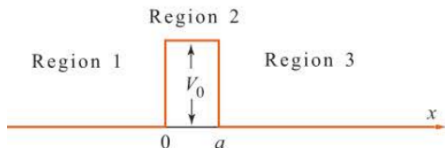


Barreras de potencial, efecto túnel

Efecto túnel I

Analizamos el problema de una partícula que se mueve en un potencial como el de la figura:

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 0 \\ V_0 & \text{si } 0 \leq x \leq a \\ 0 & \text{si } x > a \end{cases}$$



Vamos a estudiar el caso de una partícula con energía intermedia entre V_0 y 0:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + V\psi = E\psi$$

En la región I:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -k_I^2\psi \quad \text{con } k_I^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$$

Esta ecuación ya la conocemos, y su solución general es:

$$\psi_I = Ae^{ik_I x} + Be^{-ik_I x}$$

donde la primera exponencial (positiva y con coeficiente A) describe el movimiento de la partícula hacia la barrera y la segunda exponencial describe el movimiento en dirección contraria a la barrera. En la región II:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -k_{II}^2\psi \quad \text{con } k_{II}^2 = \frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}$$

La solución es similar:

$$\psi_{II} = Ce^{k_{II}x} + De^{-k_{II}x}$$

en esta región si $k_{II}a$ es muy grande (por ejemplo, haciendo a muy grande) el primer término de la ecuación anterior no tiene sentido físico, por ello, tomamos:

$$\psi_{II} \sim De^{-k_{II}x}$$

Barreras de potencial, efecto túnel

Efecto túnel II

Y en la región III, de nuevo tenemos una ecuación idéntica a la de la región I.

Nos interesa obtener la probabilidad de que la partícula incidente en el lado izquierdo de la barrera ($x = 0$) pase al lado derecho ($x = a$). Así, se obtiene el denominado **coeficiente de transmisión** que se calcula como la relación de las probabilidades de encontrar a la partícula en a respecto a la probabilidad de que incida en 0:

$$P_T = \frac{|\psi_{II}(a)|^2}{|\psi_I(0)|^2} = \frac{|D|^2 e^{-2k_{II}a}}{|A|^2}$$

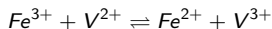
$$\text{con } k_{II}^2 = \frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}$$

Es decir, la probabilidad de que la partícula atraviese la barrera (**efecto túnel**) decae exponencialmente con la anchura de la barrera a , con la masa de la partícula m y con la diferencia de energía $V_0 - E$ (que será tanto mayor cuanto más alta sea la barrera). Debido a que las soluciones obtenidas son para estados estacionarios, no podemos hablar de cómo se produce (en el tiempo) el paso de la barrera.

Como ejemplo de efecto túnel pueden verse figuras en la página web de la asignatura con distintas partículas y barreras. Puede observarse en muchos casos la presencia de **resonancias**

Problemas que ha explicado el efecto túnel:

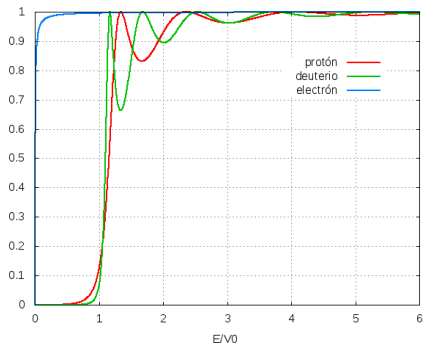
- Emisión de partículas alfa. ¿Por qué un átomo es estable y otro no?, ¿Cual es el sentido de la vida media?
- En electroquímica se dan muchos procesos que se explican por efecto túnel, como las reacciones de transferencia electrónica entre iones solvatados, ejemplo:



- La inversión del amoníaco también se debe a efectos túnel.
- Hay otros problemas bioquímicos, como las mutaciones, que se achacan en muchos casos a efectos túnel.

Efecto túnel III

$a = 20\text{pm}$, $V_0 = 1.5\text{eV}$



$a = 20\text{pm}$, $V_0 = 15.0\text{eV}$

