

$$x_E = \frac{a}{2} - d_E$$

$$x_B = \frac{a}{2} + d_B$$

$$\begin{aligned} N_E &= 10^{24} \text{ m}^{-3} \\ N_B &= 10^{23} \text{ m}^{-3} \\ N_C &= 10^{22} \text{ m}^{-3} \\ a &= 10^{-3} \text{ m} \\ \epsilon &= 10 \end{aligned}$$

②:  $\frac{\partial^2 V_2}{\partial x^2} = -\rho/\epsilon = -\frac{N_E q}{\epsilon} \cos \frac{x}{a}$

0.5 pto

$$\frac{\partial V_2}{\partial x} = -\frac{N_E q}{\epsilon} a \sin \frac{x}{a} + A \xrightarrow{x=x_E} -10^{20} \sin \frac{x_E}{a} + A = 0 \quad (1)$$

0.5 pto

$$V_2 = +\frac{N_E q}{\epsilon} a^2 \cos \frac{x}{a} + Ax + B \xrightarrow{x=x_E} 10^{17} \cos \frac{x_E}{a} + Ax_E + B = 0 \quad (2)$$

0.5 pto



$$\textcircled{\text{III}} \quad \frac{\partial^2 V_3}{\partial x^2} = -\rho/\epsilon = + \frac{N_B}{\epsilon} \cos \frac{x}{a} \quad \underline{0.5pts}$$

$$\frac{\partial V_3}{\partial x} = \frac{N_B}{\epsilon} a \sin \frac{x}{a} + C \quad \xrightarrow{x=x_B} 10^{19} \sin \frac{x_B}{a} + C = 0 \quad (3) \quad \underline{0.5pts}$$

$$V_3 = -\frac{N_B}{\epsilon} a^2 \cos \frac{x}{a} + Cx + D \quad \xrightarrow{x=x_B} -10^{16} \cos \frac{x_B}{a} + Cx_B + D = 10^4 \quad (4) \quad \underline{0.5pts}$$

$$\underline{x = \frac{a}{2}}: \quad -10^{20} \sin \frac{1}{2} + A = 10^{19} \sin \frac{1}{2} + C \quad (5) \quad \underline{0.5pts}$$

$$10^{17} \cos \frac{1}{2} + A \frac{a}{2} + B = -10^{16} \cos \frac{1}{2} + C \frac{a}{2} + D \quad (6) \quad \underline{0.5pts}$$

De las ecuaciones (1) a (6) se pueden obtener A, B, C, D,  $x_B$  y  $x_E$

$$(5) \rightarrow A - C = \sin \frac{1}{2} (10^{19} + 10^{20}) = 0.53 \times 10^{20}$$

$$(6) \rightarrow 0.5 \times 10^{-3} (A - C) + B - D = \cos \frac{1}{2} (-10^{16} - 10^{17}) = -0.97 \times 10^{17}$$

OBS

(1) Se acepta la suposición de que el campo fuera de la juntura es cero. Sin embargo recordar que en semiconductores dopados no constantemente, hay un campo externo debido justamente a este dopamiento (ver 8.4.4 del libro). Una solución completa requeriría primero calcular el campo producido fuera de la zona de agotamiento y luego igualar con este campo en  $x = x_E$  y  $x = x_B$

(2) Debido a la "complejidad" de estas ecuaciones (1) a (6) se acepta que no se hayan resuelto.

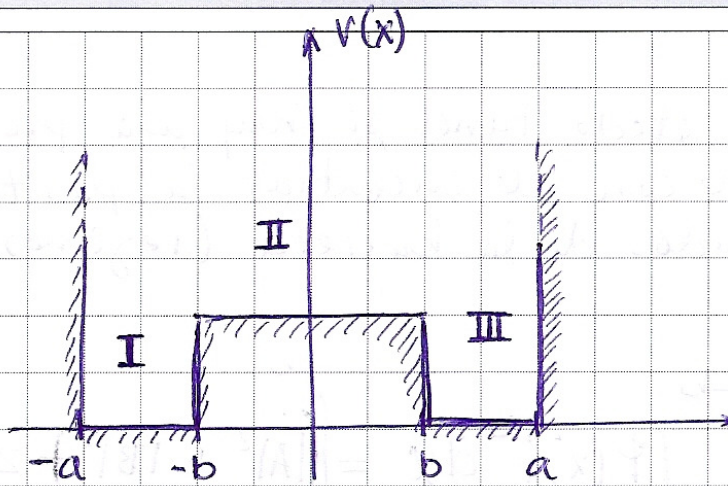


③ En el colector hay un cambio de signo de  $\cos \frac{x}{a}$  lo que quiere decir que parte ~~de este~~ de este está dopado n y otra parte dopado p.

Esto dificulta la solución del problema ya que ~~hay que~~ se crea una nueva juntura.



2



$$0 < E < V_0$$

 Ecuación  
Schrodinger:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V) \psi = 0$$

a)

$$\text{I: } \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0 \Rightarrow \frac{d^2\psi}{dx^2} + \alpha^2 \psi = 0$$

0.5 pt

$$\Rightarrow \boxed{\psi_{\text{I}}(x) = A e^{i\alpha x} + B e^{-i\alpha x}} \rightarrow \psi'_{\text{I}} = i\alpha (A e^{i\alpha x} - B e^{-i\alpha x})$$

II:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V_0) \psi = 0 \Rightarrow \frac{d^2\psi}{dx^2} - \beta^2 \psi = 0$$

1 pt.

$$\Rightarrow \boxed{\psi_{\text{II}}(x) = C e^{\beta x} + D e^{-\beta x}} \rightarrow \psi'_{\text{II}} = \beta (C e^{\beta x} - D e^{-\beta x})$$

III:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0 \Rightarrow \frac{d^2\psi}{dx^2} + \alpha^2 \psi = 0$$

0.5 pt

$$\Rightarrow \boxed{\psi_{\text{III}}(x) = E e^{i\alpha x} + F e^{-i\alpha x}}$$

$$\rightarrow \psi'_{\text{III}} = i\alpha (E e^{i\alpha x} - F e^{-i\alpha x})$$



b) Se produce efecto túnel si hay una probabilidad diferente de cero de encontrar la partícula a 1<sup>to</sup> ambos lados de la barrera (regímenes I y III).

c) 
$$\begin{aligned} P_I &= \int_{-a}^{-b} |\psi(x)|^2 dx = \int_{-a}^{-b} [ |A|^2 + |B|^2 + 2 \operatorname{Re}(AB^* e^{2i\alpha x}) ] dx \\ &= \int_{-a}^{-b} [ |A|^2 + |B|^2 ] dx + 2 \int_{-a}^{-b} \operatorname{Re}(AB^* e^{2i\alpha x}) dx \\ &= (|A|^2 + |B|^2)(a-b) + 2 \int_{-a}^{-b} \operatorname{Re}(AB^* e^{2i\alpha x}) dx \\ P_{II} &= (|E|^2 + |F|^2)(a-b) + 2 \int_{-a}^{-b} \operatorname{Re}(EF^* e^{2i\alpha x}) dx \end{aligned}$$

No es necesario

Se sabe que  $P_I > 0 \Rightarrow A \neq 0 \vee B \neq 0$

%. Por demostrar que  $P_{II} > 0$ , es decir que  $E \neq 0 \vee F \neq 0$

Para demostrar esto hay que encontrar una relación entre las constantes A y B con las constantes E y F.

Esto se puede obtener aplicando las condiciones de borde para la función y para la derivada.



$$\Psi_I(-a) = 0 \rightarrow A e^{-i\alpha a} + B e^{+i\alpha a} = 0$$

\* o.spt

$$\Psi_{III}(a) = 0 \rightarrow E e^{i\alpha a} + F e^{-i\alpha a} = 0$$

\*  $\Psi_I(-b) = \Psi_{II}(-b) \rightarrow A e^{-i\alpha b} + B e^{i\alpha b} = C e^{-\beta b} + D e^{\beta b}$

o.spt

$$\Psi_{III}(b) = \Psi_{II}(b) \rightarrow E e^{i\alpha b} + F e^{-i\alpha b} = C e^{\beta b} + D e^{-\beta b}$$

\*  $\Psi'_I(-b) = \Psi'_{II}(-b) \rightarrow i\alpha (A e^{-i\alpha b} - B e^{i\alpha b}) = \beta (C e^{-\beta b} - D e^{\beta b})$

o.spt

$$\Psi'_{III}(b) = \Psi'_{II}(b) \rightarrow i\alpha (E e^{i\alpha b} - F e^{-i\alpha b}) = \beta (C e^{\beta b} - D e^{-\beta b})$$

$$\Rightarrow \beta (A e^{-i\alpha b} + B e^{i\alpha b}) = \beta (C e^{-\beta b} + D e^{\beta b})$$

$$i\alpha (A e^{-i\alpha b} - B e^{i\alpha b}) = \beta (C e^{-\beta b} - D e^{\beta b})$$

o.spt

$$\Rightarrow A e^{-i\alpha b} (\beta + i\alpha) + B e^{i\alpha b} (\beta - i\alpha) = 2\beta C e^{-\beta b}$$

$$\Rightarrow \beta (E e^{i\alpha b} + F e^{-i\alpha b}) = \beta (C e^{\beta b} + D e^{-\beta b})$$

$$i\alpha (E e^{i\alpha b} - F e^{-i\alpha b}) = \beta (C e^{\beta b} - D e^{-\beta b})$$

$$\Rightarrow E e^{i\alpha b} (\beta + i\alpha) + F e^{-i\alpha b} (\beta - i\alpha) = 2\beta C e^{\beta b}$$

oo

$$A e^{i(\beta-\alpha)b} (\beta + i\alpha) + B e^{i(\alpha+\beta)b} (\beta - i\alpha) =$$

$$= E e^{i(\alpha-\beta)b} (\beta + i\alpha) + F e^{-i(\alpha+\beta)b} (\beta - i\alpha)$$

Notas / Notes:

RHEIN

oo  $\exists: A \neq 0 \vee B \neq 0 \Rightarrow E \neq 0 \vee F \neq 0$  194d/