

Tarea N^o2 EL41A Física Electrónica

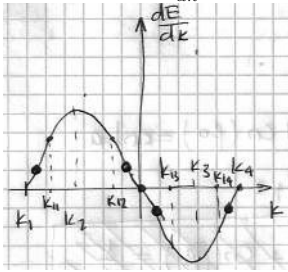
Javier Andrés Galaz Jeria

October 8, 2008

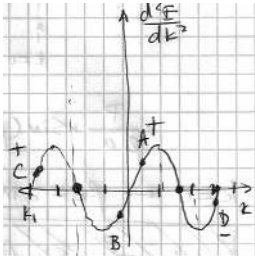
Pregunta 1

Parte a)

Como sabemos $m^* = \left(\frac{d^2 E}{dk^2} \right)^{-1} = \hbar \left(\frac{d^2 E}{dk^2} \right)^{-1}$, por lo tanto podemos ver en un gráfico cómo queda este valor, primero lo hacemos para $\frac{dE}{dk}$



y luego derivamos nuevamente para obtener $\frac{d^2 E}{dk^2}$



Ambas derivadas se obtienen fijándonos en los puntos de inflexión, pendientes, etc. en el gráfico correspondiente. Finalmente la respuesta:

Punto	m^*
A	(+)
B	(-)
C	(+)
D	(-)

Parte b)

Con el primer gráfico podemos obtener fácilmente v_g , pues $v_g = \frac{dE}{\hbar dk}$:

Punto	v_g
A	(+)
B	(+)
C	(-)
D	(-)

Parte c)

Ahora lo que tenemos que observar que siempre tendremos una Fuerza positiva, por lo tanto, como $F = m \cdot a$, entonces:

Punto	m^*	a
A	(+)	(+)
B	(-)	(-)
C	(+)	(+)
D	(-)	(-)

Pregunta 2

Pregunta 3

Sabemos que $\tau_{rF} = \frac{\overline{l_F}}{v_F}$, nos dicen que $\overline{l_F} = 100 \times 10^{-9} [nm] = 20 \times 10^{-9} [m]$, ahora para v_F , tenemos que $E_F = \frac{1}{2} m \cdot v_F$, lo que implica que $v_F = \left(\frac{2E_F}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$, la Energía de Fermi, E_F , la calculamos con la fórmula 4.22,

$$\begin{aligned} E_F &= 3,65 \times 10^{-19} \left(\frac{1}{8} \times 10^{30}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 1.602 \times 10^{-19} [J] \\ &= 1,4618 \times 10^{-18} [J] \end{aligned}$$

De donde $v_F = \left(\frac{2 \cdot 1,4618 \times 10^{-18} [J]}{9,109 \times 10^{-31} [Kg]}\right) = 1,79 \times 10^{-6} \left[\frac{m}{s}\right]$, y, finalmente, $\tau_{rF} = 1,117 \times 10^{-14}$.

Pregunta 4

Pregunta 5

Parte a)

Es fácil ver que $E_g \approx 0.7 [eV]$, y que es indirecto.

Parte b)

Esta parte se hace igual que la Pregunta 1, Parte a).

Pregunta 6

Sabemos que:

$$\begin{aligned} \sigma(E_F) &= 2 \left(\frac{2\pi k}{h^2}\right)^{3/2} T^{3/2} \left[(m_e^*)^{3/2} \mu_e \exp\left\{\frac{-(E_g - E_F)}{kT}\right\} + (m_h^*)^{3/2} \mu_h \exp\left\{\frac{-E_F}{kT}\right\} \right] \\ \sigma'(E_F) &= 2 \left(\frac{2\pi k}{h^2}\right)^{3/2} T^{3/2} \left[(m_e^*)^{3/2} \mu_e \frac{1}{kT} \exp\left\{\frac{-(E_g - E_F)}{kT}\right\} - (m_h^*)^{3/2} \mu_h \frac{1}{kT} \exp\left\{\frac{-E_F}{kT}\right\} \right] \end{aligned}$$

Iguando a 0 el resultado anterior, tenemos que:

$$(m_e^*)^{3/2} \mu_e \exp\left\{\frac{-(E_g - E_F)}{kT}\right\} = (m_h^*) \mu_h \exp\left\{\frac{-E_g}{kT}\right\}$$

De donde:

$$\left(\exp\left\{\frac{E_F}{kT}\right\}\right)^* = \left(\frac{m_h^*}{m_e^*}\right)^{3/4} \left(\frac{\mu_h}{\mu_e}\right)^{1/2} \exp\left\{\frac{E_g}{2kT}\right\}$$

Evalutando, y llamando $C = 4 \left(\frac{2\pi kT}{h^2} \right)^{3/2} \exp \left\{ \frac{-E_g}{2kT} \right\} (m_e^* m_h^*)^{3/4}$

$$\sigma_{min}(E_F^*) = C (\mu_h \mu_e)^{1/2} \square$$

Pregunta 7

Usando la aproximación:

$$\exp \left\{ \frac{E_F}{kT} \right\} = \frac{-1 + \left\{ 1 + \left(4 \frac{N_D}{N_C} \right) \exp \left\{ \frac{E_g - E_D}{kT} \right\} \right\}^{1/2}}{2 \exp \left\{ \frac{-E_D}{kT} \right\}}$$

Obtenemos:

$$N_c =$$

como $N_c = N_v$, podemos usar las expresiones $n = N_c \exp \left\{ \frac{-(E_g - E_F)}{kT} \right\}$, $p = N_v \exp \left\{ \frac{-E_F}{kT} \right\}$.

Pregunta 8

Parte a)

Usando la aproximación:

$$\begin{aligned} n &\approx \left(2 \left(\frac{m_e^* kT}{2\pi \hbar} \right) N_D \right)^{1/2} \exp \left\{ \frac{E_D}{2kT} \right\} \\ &\approx 4,6 \times 10^{18} [m^{-3}] \end{aligned}$$

Parte b)

$$R_H = \frac{-1}{ne}, \text{ por lo tanto } R_H = -1,35 \left[\frac{m^3}{C} \right]$$

Pregunta 9

Parte a)

Como es tipo p , entonces $\sigma_p = e N_A \mu_h$, por otro lado, $\sigma = \frac{l}{RA}$, por lo tanto:

$$\begin{aligned} N_A &= \frac{l}{e \mu_h R A} \\ &= 3,29 \times 10^{21} [m^{-3}] \end{aligned}$$

Esto quiere decir que hay $3,29 \times 10^{21}$ partículas *aceptoras* en un metro cúbico de esta barra. Como $n \cdot p = n_i^2$, entonces $n = 1,9 \times 10^{17}$.

Parte b)

Ahora lo que buscamos es $\frac{\sigma_n}{\sigma_p + \sigma_n}$, que es la conductividad debida a los electrones dividido por la conductividad total. $\sigma_n = e \cdot n \cdot \mu_e = 0.0119 \left[\frac{S}{m} \right]$. Como $\sigma_p \gg \sigma_n$, $\frac{\sigma_n}{\sigma_n + \sigma_p} = \frac{\sigma_n}{\sigma_p} = 0.000119$, o sea 0,01% es el *aporte* de los electrones a la conductividad.

Pregunta 10

Como $n_i = N_C \exp \left\{ \frac{E_{Fi} - E_g}{kT} \right\}$ y $n = N_C \exp \left\{ \frac{E_{Ff} - E_g}{kT} \right\}$, entonces, $\Delta E_F = kT \ln \left(\frac{n}{n_i} \right)$, ahora si llamamos a $\Delta E_F = a E_g$, tenemos que $a = \frac{kT \ln \left(\frac{n}{n_i} \right)}{E_g}$, nos falta encontrar $\frac{n}{n_i}$, pero esto es sencillo debido a que tenemos $\frac{\sigma_n}{\sigma_i} = 100$, por lo tanto $\frac{n}{n_i} = \frac{100(\mu_e + \mu_h)}{\mu_e} = 138,46$, con lo cual $a = 0,113$. Por lo tanto la *Energía de Fermi* E_F aumentó en un 11%.

Pregunta 11

Datos:

Cantidad	Valor
B	$0,2 [T]$
n	$7 \times 10^{21} [m^{-3}]$
V	$1 [mV]$
μ_e	$0,39 [m^2 V^{-1} s^{-1}]$
e	$1,602 \times 10^{-19} C$

Como sabemos,

$$\begin{aligned}
 I &= \int_S J \cdot dA \\
 &= \int_0^{10^{-3}} \int_0^{10^{-3}} J dy dz \\
 &= \int_0^{10^{-3}} \int_0^{10^{-3}} n \cdot e \cdot \mu_e \cdot E dy dz \\
 &= \int_0^{10^{-3}} \int_0^{10^{-3}} n \cdot e \cdot \mu_e \cdot \frac{V}{L} dy dz \\
 &= 43,74 [\mu A]
 \end{aligned}$$

Ahora $R_H = \frac{1}{ne} = 8,92 \times 10^{-4} [m^3 C^{-1}]$. Por otro lado $R_H = \frac{V_H d}{IB_z}$, por lo tanto $V_H = 7.8 [\mu V]$.