GRADO EN INGENIERIA INFORMATICA

EXAMEN DE FÍSICA **14 de enero de 2010.**

Apellidos:

Nombre:

Grupo:

P1 ☐ **P2** ☐ **P3** ☐ **P4** ☐ **C1** ☐ **C2** ☐ **C3** ☐

1.- El examen consta de 4 problemas y 3 cuestiones
2.- La puntuación de los problemas y cuestiones se indica en cada uno de ellos.
3.- Cada problema o cuestión se resuelve en una hoja separada.
4.- Marcar en las casillas con una X los problemas o cuestiones NO ENTREGADOS

CONSTANTES:

Carga del electrón: $-1{,}6 \times 10^{-19}$ *C*

Permeabilidad del vacío $\mu_0 = 4\,\pi \times 10^{-7}$ *N A*$^{-2}$

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s

$c = 2.998 \times 10^{8}$ m / s

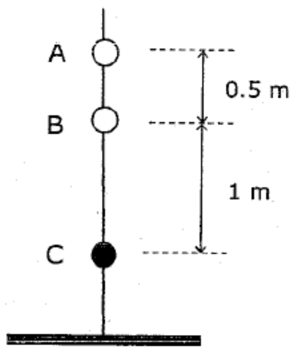
Permitividad del vacío $\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\ C^2\ N^{-1}\ m^{-2}$

Masa del electrón: $9{,}11 \times 10^{-31}$ *kg.*

Masa del protón: $1{,}67 \times 10^{-27}$ *kg*

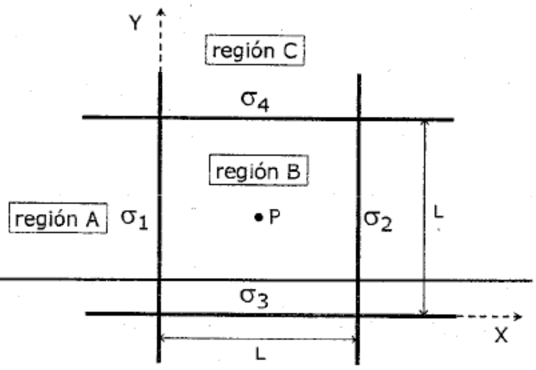
PROBLEMAS:

P1. ***(1.5 p)*** Se tienen dos partículas cargadas A y B, que se encuentran fijas sobre una varilla vertical, separadas entre sí una distancia de 0.5 m. La partícula B tiene una carga Q_B = - 3 μC. Una partícula C de masa m_C = 30 g y carga Q_C = 8 μC puede moverse libremente sobre la varilla, por debajo de las cargas A y B. Se desea mantener la partícula C suspendida en equilibrio sobre la varilla, a una distancia de 1 m por debajo de la carga B (ver figura)



a) Dibujar en un esquema el diagrama de fuerzas que actúan sobre la partícula C, explicando qué tipo de fuerzas son.
b) Calcular el valor de la carga Q_A de la partícula A para conseguir el equilibrio indicado en la figura.

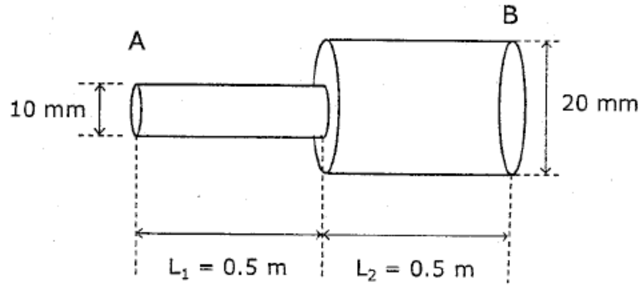
P2. (2 p) En la figura se representa una configuración electrostática formada por cuatro planos infinitos de carga, paralelos dos a dos, y que se cortan perpendicularmente, con las densidades de carga indicadas.



a) Calcular el vector campo eléctrico en un punto genérico de la región A, de la región B y de la región C indicadas en la figura
b) Se sitúa un electrón en el punto P (centro del cuadrado que determinan las secciones de los planos). Si inicialmente está en reposo, determinar de manera razonada hacia qué plano se dirige, y calcular la velocidad con que llega al mismo.

DATOS: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 1$ nC/m^2; $\sigma_4 = -1$ nC/m^2; L = 2 m

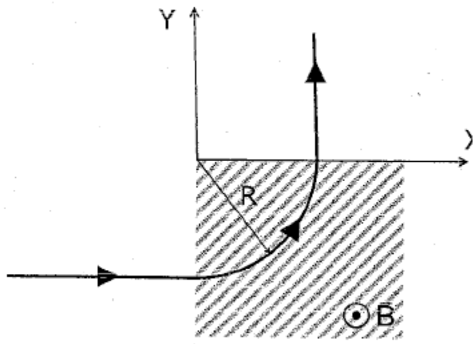
P3. (1.5 p) Se tiene un cable de cobre formado por dos tramos cilíndricos de igual longitud, pero diferente diámetro, tal y como se indica en la figura. Se establece entre los puntos A y B una diferencia de potencial ($V_A - V_B$)= 10^{-4} V.



a) Calcular la resistencia eléctrica del cable de cobre (entre los puntos A y B)
b) Calcular la intensidad de corriente y la densidad de corriente en cada uno de los tramos del cable.
c) Calcular para cada tramo del cable el campo eléctrico en su interior y la diferencia de potencial entre sus extremos

DATOS: $\rho_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega$ m

P4. (2 p) Una partícula de masa m y carga q que se mueve con velocidad $\vec{v} = v_0\,\vec{\imath}$ entra en una región del espacio (región sombreada en la figura) donde está establecido un campo uniforme $\vec{B} = B_0\,\vec{k}$. La partícula traza en esa región un arco de circunferencia de radio R. Calcular



a) La carga de la partícula.
b) El tiempo que la partícula permanece en la región sombreada
c) La energía cinética de la partícula al salir de la región sombreada.

DATOS: m= 3×10^{-25} kg; v_0= 2×10^5 m/s; B_o= 0.3 T; R= 7.4 mm

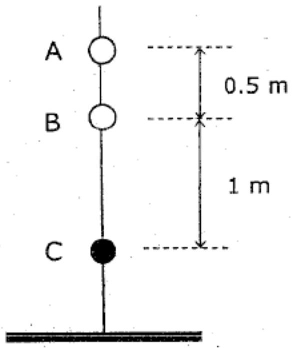
CUESTIONES:

C1. (1 p) Describir brevemente, utilizando el modelo atómico de Bohr, qué significa el diagrama de niveles de energía de un átomo.

C2. (1 p) Describir, utilizando un modelo de bandas, las propiedades de conducción de un material semiconductor.

C3. (1 p) Describir brevemente, utilizando un esquema, la estructura de un transistor MOSFET.

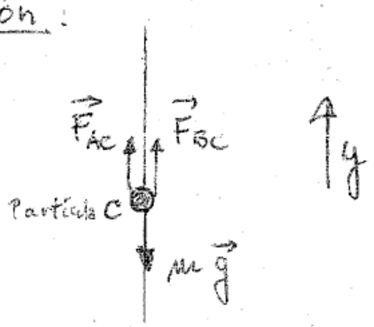
P1. *(1.5 p)* Se tienen dos partículas cargadas A y B, que se encuentran fijas sobre una varilla vertical, separadas entre sí una distancia de 0.5 m. La partícula B tiene una carga Q_B = - 3 μC. Una partícula C de masa m_C = 30 g y carga Q_C = 8 μC puede moverse libremente sobre la varilla, por debajo de las cargas A y B. Se desea mantener la partícula C suspendida en equilibrio sobre la varilla, a una distancia de 1 m por debajo de la carga B (ver figura)



a) Dibujar en un esquema el diagrama de fuerzas que actúan sobre la partícula C, explicando qué tipo de fuerzas son.
b) Calcular el valor de la carga Q_A de la partícula A para conseguir el equilibrio indicado en la figura.

Solución:

a)



Hay dos tipos de fuerzas sobre C:

1) La fuerza gravitatoria, es decir, el peso

2) Las fuerzas electrostáticas que ejercen las partículas A y B sobre ella, esto es, $\vec{F}_{AC}$ y $\vec{F}_{BC}$

Ambas son fuerzas de acción a distancia y son conservativas.

b) Para que se dé el equilibrio, la fuerza neta sobre C ha de ser cero:

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$m\vec{g} + \vec{F}_{BC} + \vec{F}_{AC} = 0$$

$$m\vec{g} = -mg\,\vec{j}$$

$$\vec{F}_{BC} = k\,\frac{|Q_B Q_C|}{d_{BC}^2}\,\vec{j}$$

$$\vec{F}_{AC} = k\,\frac{|Q_A Q_C|}{d_{AC}^2}\,\vec{j}$$

$$-mg\,\vec{j} + k\,\frac{|Q_B Q_C|}{d_{BC}^2}\,\vec{j} + k\,\frac{|Q_A Q_C|}{d_{AC}^2}\,\vec{j} = 0$$

$$-0{,}294\,\vec{j} + 0{,}216\,\vec{j} + 32\times10^{3}\,|Q_A|\,\vec{j} = 0$$

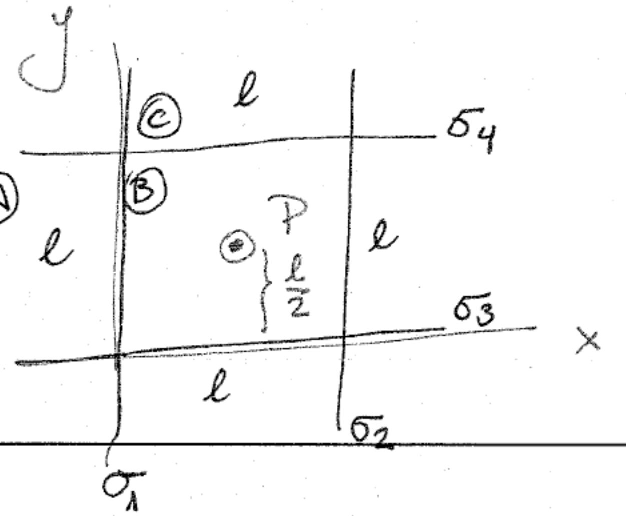
$$-0{,}078 = -\,32\times10^{3}\,|Q_A|$$

$$|Q_A| = 2{,}4\times10^{-6}\,C$$

Como la fuerza es atractiva, se tiene

$$\boxed{Q_A = -\,2{,}4\times10^{-6}\,C}$$

P2



(a) $\vec{E}$ at A, B & C

(b) v of an electron starting at P.

$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 1\,nC/m^2$

$\sigma_4 = -1\,nC/m^2$

$$\sigma = |\sigma_1| = |\sigma_2| = |\sigma_3| = |\sigma_4|$$

(a). A $\boxed{\begin{matrix} x<0 \\ 0<y<l \end{matrix}}$

$$\bar{E}_{TOT} = \bar{E}_1 + \bar{E}_2 + \bar{E}_3 + \bar{E}_4.$$

$$\bar{E}_1 = -\frac{|\sigma_1|}{2\varepsilon_0}\vec{\imath} \qquad \bar{E}_2 = -\frac{|\sigma_2|}{2\varepsilon_0}\vec{\imath}$$

$$\bar{E}_3 = \frac{|\sigma_3|}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath} \qquad \bar{E}_4 = \frac{|\sigma_4|}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath}$$

$$\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{10^{-9}C/m^2}{8.85\times10^{-12}C^2N^{-1}m^{-2}}$$

$$\frac{\sigma}{\varepsilon_0} \simeq 113 \; N/C$$

$$\vec{E}_{TOT} = -\frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{\imath} + \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{\jmath}$$

$$\vec{E}_{A} = -113\,\vec{\imath} + 113\,\vec{\jmath} \; N/C$$

B $\boxed{\begin{matrix} 0<x<l \\ 0<y<l \end{matrix}}$

$$\bar{E}_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\imath} \qquad \bar{E}_3 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath}$$

$$\bar{E}_2 = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\imath} \qquad \vec{E}_4 = +\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath}$$

$$\vec{E}_{B} = 113\,\vec{\jmath} \; N/C$$

C $\boxed{\begin{matrix} 0<x<l \\ y>l \end{matrix}}$

$$\bar{E}_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\imath} \qquad \bar{E}_3 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath}$$

$$\vec{E}_2 = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\imath} \qquad \bar{E}_4 = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{\jmath}$$

$$\vec{E}_{C} = 0$$

(b) PROCEDIMIENTO II CINEMÁTICA

$\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}$ (Segunda ley de Newton)

$\Rightarrow \vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$ como $\vec{E}$ en la región (B) es constante el movimiento es uniformemente acelerado.

$\vec{E}_{(B)} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{j}$ luego apunta hacia arriba

Al ser la carga del electrón negativa el movimiento tiene una aceleración negativa.

No hay movimiento en la dirección X si la partícula parte del reposo. $v_{ox} = v_{oy} = 0$ $a_x = 0$ $a_y = \frac{q}{m}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$$y = y_0 + \frac{1}{2}\frac{q}{m}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}t^2 \qquad v_y = \frac{q}{m}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}t$$

$$t = \left(\frac{2(y-y_0)m\varepsilon_0}{q\sigma}\right)^{1/2}$$

$$v = \left(\frac{2(y-y_0)q\sigma}{m\varepsilon_0}\right)^{1/2}$$

como σ, m y $\varepsilon_0 > 0$ y $q < 0 \Rightarrow y - y_0 < 0$ la partícula se mueve hacia abajo $y < y_0$

Cuando $y = 0$ (plano σ_3) su velocidad será:

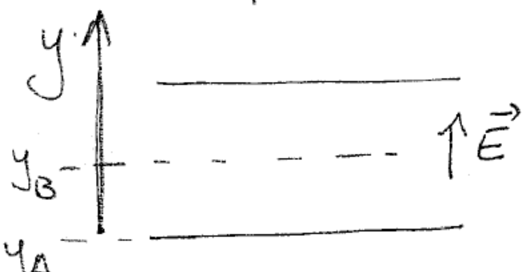
$$v = \left(\frac{2\left(-\frac{\ell}{2}\right)(-1.6\times10^{-19}\cancel{C})\times 10^{-9}\,C/\cancel{m^2}}{9.11\times10^{-31}\,kgr \times 8.85\times10^{-12}\,C^2N^{-1}\cancel{m^{-2}}}\right)^{1/2}$$

$$\boxed{v = 6.3\times10^{6}\ m/s}$$

(b) PROCEDIMIENTO III — CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

$$E_{TOTAL} = \frac{1}{2} m v^2 + q V = cte.$$

El campo eléctrico es constante en la región (B), sólo tiene componente vertical y apunta hacia arriba.



$$V(y_B) - V(y_A) = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}(y_A - y_B)$$

Si tomamos como referencia el plano $y=0$ y tenemos en cuenta que el electrón parte del reposo $v_0 = 0$

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + q V(y_B) = \frac{1}{2} m v^2 + q V(y_A)$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = q\left(V(y_B) - V(y_A)\right) = \frac{q\sigma}{\varepsilon_0}(y_A - y_B)$$

$y_B = \frac{l}{2}$ luego como $q < 0 \Rightarrow y_A - y_B < 0 \Rightarrow y_A = 0$

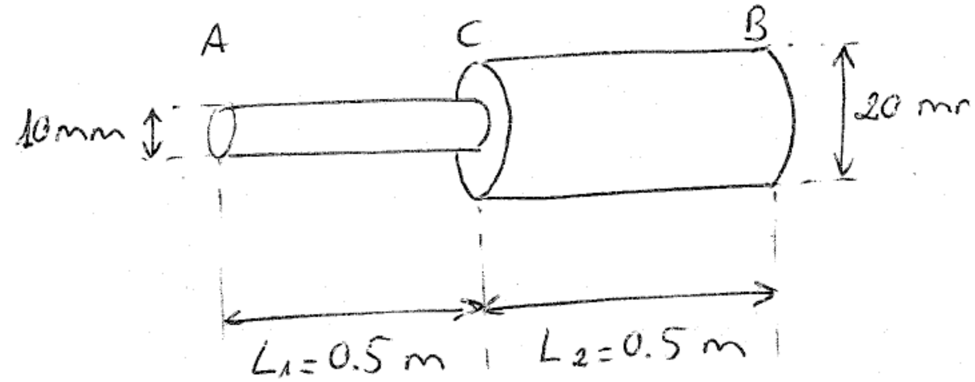
$$v = \left\{\frac{2 q \sigma}{m \varepsilon_0}\left(-\frac{l}{2}\right)\right\}^{1/2}$$

$$v = \left(\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} C \times 10^{-9} C\, m^{-2} \times 2}{2 \times 9.11 \times 10^{-31} kgr \times 8.85 \times 10^{-12} C^2 N^{-1} m^{-2}}\right)^{1/2}$$

$$\boxed{v = 6.3 \times 10^6\ m/s}$$

PROBLEMA 3

$V_A - V_B = 10^{-4}$ V.



a) $R_{AB} = R_{AC} + R_{CB}$, por estar los dos tramos en serie.

$$R_{AC} = \rho_{Cu} \frac{L_1}{S_1} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{0.5}{\pi \times (5\times10^{-3})^2} = 1.08 \times 10^{-4}\ \Omega .$$

$$R_{CB} = \rho_{Cu} \frac{L_2}{S_2} = 1.7 \times 10^{-8} \times \frac{0.5}{\pi \times (10^{-2})^2} = 2.71 \times 10^{-5}\ \Omega$$

$$\underline{\underline{R_{AB} = 1.35 \times 10^{-4}\ \Omega}}$$

b) La intensidad de corriente es la misma en ambos tramos. Su valor es:

$$I\, R_{AB} = V_{AB} \Rightarrow I = \frac{V_{AB}}{R_{AB}} = \frac{10^{-4}}{1.35\times10^{-4}} = \underline{\underline{0.74\ A}} .$$

$$J_{AC} = \frac{I}{S_1} = \frac{0.74}{\pi \times (5\times10^{-3})^2} = \underline{\underline{9.41 \times 10^{3}\ \frac{A}{m^2}}}$$

$$J_{CB} = \frac{I}{S_2} = \frac{0.74}{\pi \times (10^{-2})^2} = \underline{\underline{2.35 \times 10^{3}\ \frac{A}{m^2}}}$$

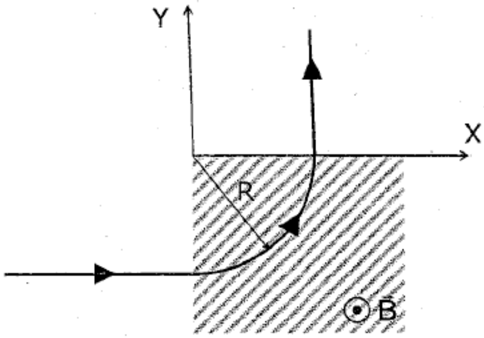
c) $E_1 = \rho_{Cu} J_{AC} = 1.7 \times 10^{-8} \times 9.41 \times 10^{3} = \underline{\underline{1.6 \times 10^{-4} \frac{V}{m}}}$

$E_2 = \rho_{Cu} J_{CB} = 1.7 \times 10^{-8} \times 2.35 \times 10^{3} = \underline{\underline{4 \times 10^{-5} \frac{V}{m}}}$

$V_{AC} = E_1 L_1 = 1.6 \times 10^{-4} \times 0.5 = \underline{\underline{8 \times 10^{-5} \ V}}$

$V_{CB} = E_2 L_2 = 4 \times 10^{-5} \times 0.5 = \underline{\underline{2 \times 10^{-5} \ V}}$

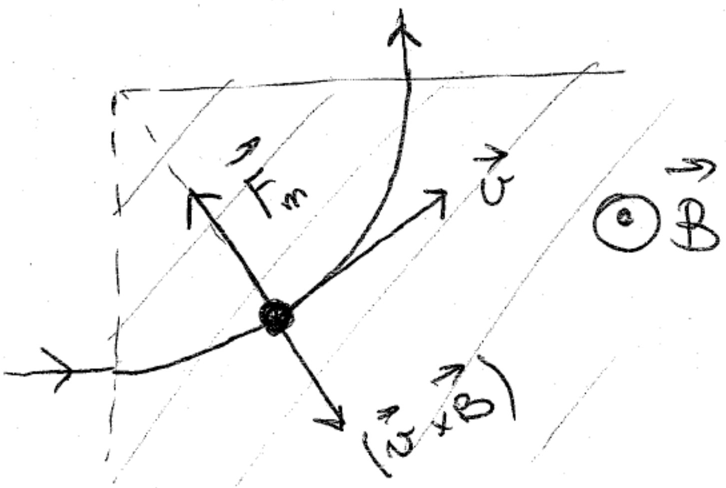
P4. ***(2 p)*** Una partícula de masa m y carga q que se mueve con velocidad $\vec{v} = v_0\,\vec{\imath}$ entra en una región del espacio (región sombreada en la figura) donde está establecido un campo uniforme $\vec{B} = B_0\,\vec{k}$. La partícula traza en esa región un arco de circunferencia de radio R. Calcular



a) La carga de la partícula.
b) El tiempo que la partícula permanece en la región sombreada
c) La energía cinética de la partícula al salir de la región sombreada.

DATOS: $m = 3 \times 10^{-25}$ kg; $v_0 = 2 \times 10^{5}$ m/s; $B_o = 0.3$ T; R= 7.4 mm

---



$$\vec{B} = 0.3\,\vec{k}\ (T)$$

En la región sombreada, la partícula está sometida a la acción de un campo $\vec{B}$ (que en nuestro caso es uniforme), por lo que experimentará una fuerza $\vec{F}_m = q\,\vec{v} \times \vec{B}$

Como en la región sombreada la única fuerza que experimenta la partícula es la fuerza magnética $\vec{F}_m$, y además tenemos que $\vec{v} \perp \vec{B}$, la trayectoria de la partícula es un arco de circunferencia, donde la fuerza magnética actúa como fuerza centrípeta (ver figura).

Si representamos gráficamente el vector $(\vec{v} \times \vec{B})$ vemos que es antiparalelo a la fuerza $\vec{F}_m$

Pero como $\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$ concluimos que

la carga q de la partícula ha de ser NEGATIVA

Tenemos entonces que $F_m = |q| \, v B_0 \operatorname{sen}(90°) =$

$= |q| \, v B_0$

Como $F_m = F_c = \dfrac{m v^2}{R}$

$$|q| \, v B_0 = \frac{m v^2}{R} \; ; \quad |q| = \frac{m v}{R B_0}$$

Como sabemos que la fuerza magnética no realiza trabajo sobre la partícula, $|\vec{v}| = \text{cte}$, con lo que $v = v_0$

$$|q| = \frac{m v_0}{R B_0} = \frac{(3 \cdot 10^{-25})(2 \cdot 10^{5})}{(7.4 \cdot 10^{-3})(0.3)} = 2.7 \cdot 10^{-17} \, C$$

Con lo que $\boxed{q = -2.7 \cdot 10^{-17}\ C}$

b) Al ser $|\vec{v}| = $ cte, tenemos que

$$v_0 = \frac{2\pi R/4}{t}$$ ← espacio recorrido en la zona sombreada

$$\boxed{t = \frac{2\pi R}{4 v_0} = \frac{\pi R}{2 v_0} = 5.8 \cdot 10^{-8}\ s}$$

c) Al salir de la zona sombreada $|\vec{v}| = v_0$

$$\boxed{E_c = \frac{1}{2} m v_0^2 = 6 \cdot 10^{-15}\ J}$$