ACADÈMIA GUIU	Abril de 2015	Nota:
Física	Alumno:	
Modelo de Examen «Electrostática — UNED»	Curso:	

NOTA: *las puntuaciones especificadas en cada apartado suponen un máximo de 48 puntos.*

Sin embargo, una vez corregido el examen, la nota total que aparecerá en la casilla superior derecha de esta hoja vendrá expresada sobre 10.

Problema A. [*Puntuación total de este problema: 24 puntos*]

AVISO*: haz un esquema/dibujo/diagrama sencillo para cada uno de los cuatro apartados de este problema, que ilustre lo más relevante de la situación estudiada. Por cada apartado en que el diagrama falte o sea insuficiente, se penalizará restando un punto a la calificación.*

ENUNCIADO: La diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B es $V_B - V_A = 30\ \mathrm{V}$. Si una partícula de carga q_e y masa m_e, que está inicialmente en el punto A con una velocidad de módulo $v_0 = 2{,}3 \cdot 10^6\ \mathrm{m/s}$, llega hasta el punto B sin que en todo el recorrido actúe ninguna fuerza salvo la electrostática,

A1) ¿Qué velocidad tiene cuando está en *B*? [*6 puntos*]

A2) ¿Qué trabajo ha hecho el campo en este movimiento? Interpreta el signo de este trabajo. [*6 puntos*]

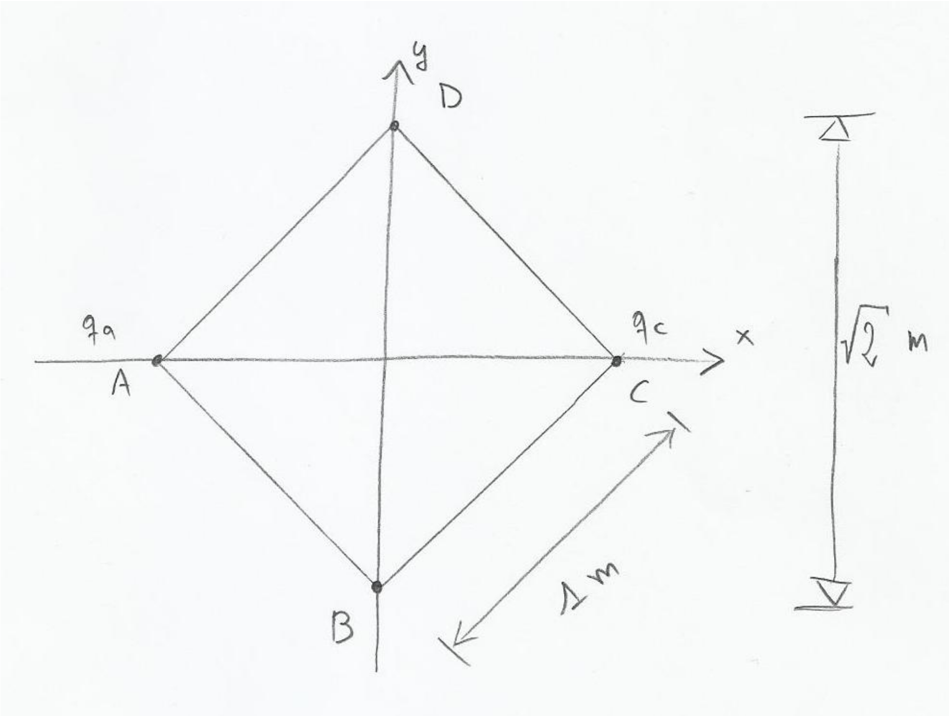
A3) Supongamos que el movimiento haya sido de tipo MRUA (rectilíneo y con una aceleración constante, paralela a la dirección del desplazamiento), es decir: ha tenido lugar dentro de un campo eléctrico constante y uniforme. Si la distancia total recorrida es de 10 cm, ¿cuánto vale el módulo del campo eléctrico? [*2 puntos*] ¿Cuál es la dirección y sentido de este campo? [*2 puntos*] ¿Cuánto vale la fuerza que ha actuado sobre la partícula a lo largo de todo el movimiento (indica su módulo, dirección y sentido)? [*2 puntos*]

A4) Volvamos al apartado (A1) e imaginemos que, en realidad, a lo largo del movimiento sí que hubiese actuado una fuerza externa, el rozamiento, y a causa de ello la partícula hubiese llegado a B con una velocidad de $v = 3{,}5 \cdot 10^6\ \mathrm{m/s}$. ¿Cuánto habría variado la energía mecánica de la partícula en este movimiento (es decir, cuánto valdría $\Delta E_M = E_M(B) - E_M(A)$? [*3 puntos*] Trata de explicar el motivo de esta pérdida de energía (puedes relacionarlo con el signo e interpretación del trabajo que ha hecho el rozamiento a lo largo del movimiento). [*3 puntos*]

DATOS: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg; $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$

Problema B. [*Puntuación total de este problema: 24 puntos*]

Consideremos los puntos de coordenadas $A(-\frac{\sqrt{2}}{2},0)$, $B(0,-\frac{\sqrt{2}}{2})$, $C(\frac{\sqrt{2}}{2},0)$, $D(0,\frac{\sqrt{2}}{2})$, tal como se representa en la figura. (Todas las distancias vienen expresadas en metros).



En el punto A hay una carga $q_a = -3$ mC, y en el punto C hay otra de valor $q_c = q_a$, estando ambas fijas en sus posiciones.

B1) Queremos calcular la intensidad del campo electrostático en D. Haz un diagrama de la situación descrita, representando en él los campos $\vec{\mathrm{E}}_{\mathrm{a}}(D)$ y $\vec{\mathrm{E}}_{\mathrm{c}}(D)$, así como el campo total $\vec{\mathrm{E}}(D)$. Puedes hacerlo sobre la anterior figura. [*6 puntos*]

B2) Encuentra analíticamente $\vec{\mathrm{E}}(D)$. [*6 puntos*]

B3) Ponemos una $q_d = 3$ mC en D. Calcula la energía potencial electrostática —o "energía de formación"— del sistema constituido por las tres cargas q_a, q_c y q_d. Interpreta el valor hallado. [*6 puntos*]

B4) **4.1-** ¿Qué trabajo hay que hacer para llevar q_d desde D hasta B? [*2 puntos*]

4.2- ¿Qué trabajo hace el campo en este desplazamiento? [*2 puntos*]

4.3- Interpreta razonadamente estos resultados en términos de si $\vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{ext}}$ y $\vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{elec}}$ se oponen o no al movimiento en cada tramo de la trayectoria, si imaginamos que esta tiene lugar en línea recta y a velocidad constante. [*2 puntos*]

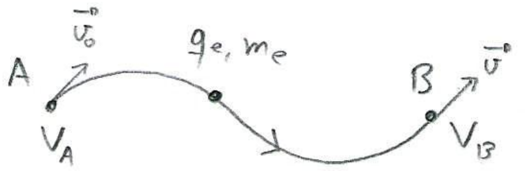
DATO: $k = 9 \times 10^9$ N m^2 C^{-2}

RESOLUCIÓN del MODELO de EXAMEN "UNED"

« ELECTROSTÁTICA »

A

A.1



$m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ kg

$q_e = -1{,}6\cdot10^{-19}$ C

$v_0 = 2{,}3\cdot10^{6}$ m/s

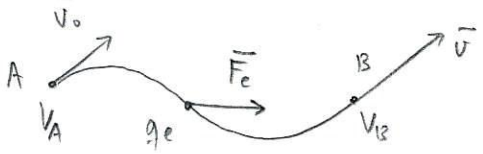
$\Delta V = V_B - V_A = 30$ V

• Sólo $\vec F_e \Rightarrow E_M(A) = E_M(B)$ ("conservación")

$$\Rightarrow \underbrace{\Delta E_c}_{\frac12 m_e v^2 - \frac12 m_e v_0^2} = -\Delta E_p = -q_e\,\Delta V \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2q_e\Delta V}{m_e}}} =$$

$$= \sqrt{(2{,}3\cdot10^6)^2 + \frac{2\cdot1{,}6\cdot10^{-19}\cdot30}{9{,}1\cdot10^{-31}}} = \boxed{4{,}0\cdot10^{6}\ \text{m/s}}$$

A.2



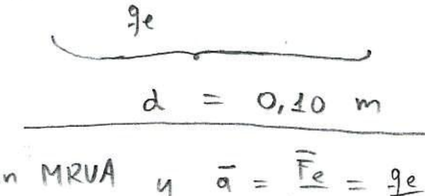
$$\boxed{W_{elec}^{A\to B} = -\Delta E_p} = \underbrace{-q_e}_{|q_e|}\Delta V = |q_e|\cdot(V_B - V_A)$$

pues $q_e < 0$

$$\Rightarrow \boxed{W_{elec}^{A\to B} = 1{,}6\cdot10^{-19}\cdot30 = 4{,}8\cdot10^{-18}\ \text{J}}$$

• Interpretación: la carga se ha movido hacia potenciales mayores, que sería su tendencia espontánea (por ser $q_e < 0$). Por lo tanto, $\vec F_e$ ha ido a favor del movimiento, y esto explica el signo positivo del $W_{elec}^{A\to B}$ (y está de acuerdo con que $|\vec v|\uparrow$).

A.3



• Para movimientos rectilíneos paralelos a un $\vec E$,

$$\boxed{E = \frac{|\Delta V|}{d}} = \frac{30}{0{,}10} = \boxed{300\ \text{V/m}}$$

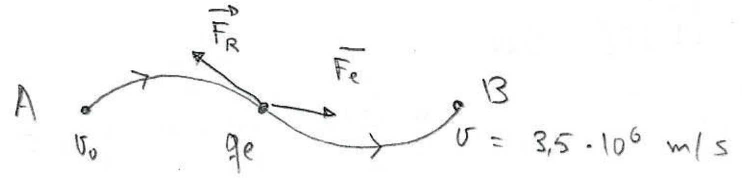
• $\vec E$ es paralelo a la trayectoria porque es un MRUA y $\vec a = \frac{\vec F_e}{m_e} = \underbrace{\frac{q_e}{m_e}}_{<0}\vec E \Rightarrow \vec E$ misma dirección y sentido opuesto a $\vec a$, por lo tanto $\vec E$ apunta hacia A.

(2º ley Newton)

Si ponemos los ejes así: $\uparrow y \ \rightarrow x$, $\boxed{\vec E = -E\,\vec i = -300\,\vec i\ \text{V/m}}$

$$\Rightarrow \boxed{\vec F_e = q_e\vec E} = +1{,}6\cdot10^{-19}\cdot300\,\vec i = \boxed{4{,}8\cdot10^{-17}\,\vec i\ \text{N}}$$

A.4



$$\boxed{\Delta E_M} = \underbrace{\left[E_c(B) + E_p(B)\right]}_{E_M(B)} - \underbrace{\left[E_c(A) + E_p(A)\right]}_{E_M(A)} = \tfrac{1}{2} m_e v^2 + q_e V_B - \tfrac{1}{2} m_e v_0^2 - q_e V_A =$$

$$= \boxed{\underbrace{\tfrac{1}{2} m_e \left(v^2 - v_0^2\right)}_{\Delta E_c} + \underbrace{q_e\left(V_B - V_A\right)}_{\Delta E_p}} = \tfrac{1}{2} \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot \left[\left(3{,}5 \cdot 10^6\right)^2 - \left(2{,}3 \cdot 10^6\right)^2\right] +$$

$$- 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 30 = \boxed{-1{,}6 \cdot 10^{-18} \ \text{J}}$$

esto es el trabajo que ha hecho el rozamiento, como vamos ahora a razonar.

- Interpretación: el rozamiento siempre se opone a la velocidad, por lo tanto hace un trabajo negativo. Cuando sólo actúa $\vec{F}_e$ (que es una "fuerza conservativa", como $\vec{F}_g$ y la fuerza elástica), E_M se conserva. Si actúa una $\vec{F}_{ext}$, E_M varía, y $\Delta E_M = W_{ext}$: W_{ext} es la energía que la $\vec{F}_{ext}$ inyecta en el sistema. En el caso del rozamiento, $W_{ext} < 0$, y por tanto $\Delta E_M < 0$ (el rozamiento quita energía al sistema). En nuestro movimiento $A \to B$, como ΔE_p es la misma que sin rozamiento (sólo depende de las posiciones), la pérdida de energía es de tipo cinético: $E_c(B)$, o sea E_c final, es más pequeña que en el caso "sin rozamiento" (y por eso v final es $3{,}5 \cdot 10^6$ m/s, menor que los $4{,}0 \cdot 10^6$ m/s del apartado A.1).

NOTA: en general, $\boxed{W_{ext} = \Delta E_M}$ (por eso si sólo hay fuerzas conservativas, $W_{ext} = 0 \Rightarrow E_M$ se conserva). Esto ya lo vimos en gravitación (cambio de órbitas de satélites). Lo que en electrostática llamamos "el W que hay que hacer" es un caso concreto de W_{ext}, en el cual no cambia la energía cinética, $\Delta E_c = 0 \Rightarrow \Delta E_M = \Delta E_p$, y por eso escribimos $W_{ext} = \Delta E_p$.

PEPE RÓDENAS BORJA

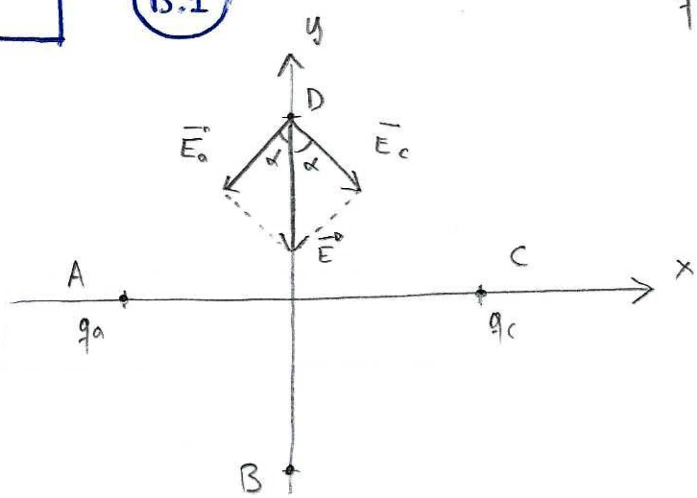
resolución del
MODELO de EXAMEN "UNED"

FÍSICA (2º BACH.)

«ELECTROSTÁTICA»

B

B.1



$q_a = q_c = -3 \cdot 10^{-3}$ C

$d_{AD} = d_{CD} = 1$ m

$\alpha = 45°$

(NOTA: el campo $\vec{E}_q$ que crea una carga $q<0$ siempre apunta hacia ella —es como la $\vec{F}_e$ que sentiría un culombio, o sea: atractivo—

)

B.2

$$\boxed{\vec{E}(D) = \vec{E}_a(D) + \vec{E}_c(D)} = (0, 2E_{ay}) = (*)$$

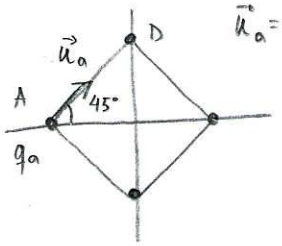
PPO SUPERPOSICIÓN

por simetría: las componentes horizontales se compensan y las verticales son iguales.

▶ DOS MÉTODOS para calcular E_{ay}:

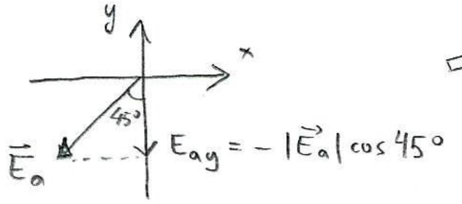
a/ $\boxed{\vec{E}_a = k \dfrac{q_a}{d_{AD}^2} \vec{u}_a} \Longrightarrow \boxed{E_{ay} = 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{-3 \cdot 10^{-3}}{1^2} \cdot \dfrac{\sqrt{2}}{2} = -1{,}91 \cdot 10^7 \text{ N/C}}$ (*,*)

$\vec{u}_a = (\cos 45°, \text{sen} 45°) = \left(\dfrac{\sqrt{2}}{2}, \dfrac{\sqrt{2}}{2}\right)$



Ambos razonamientos son válidos y conducen al mismo resultado. Quizá [b] sea más corto y [a] sea más sistemático.

b/

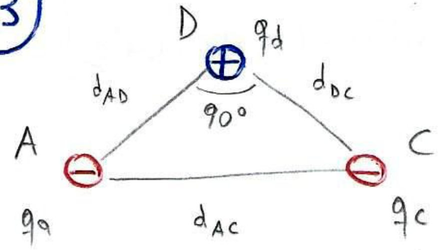


$\Longrightarrow \boxed{E_{ay} = -k \dfrac{|q_a|}{d_{AD}^2} \cos 45°}$

$|\vec{E}_a| = k \dfrac{|q_a|}{d_{AD}^2}$

[*] $\Longrightarrow$ (*,*) $\boxed{\vec{E}(D) = (0, -2 \cdot 1'91 \cdot 10^7) = (0, -3'82 \cdot 10^7) \text{ N/C}} = -3{,}82 \cdot 10^7 \vec{j}$ N/C

B.3



$$\boxed{E_g = k\frac{q_a q_d}{d_{AD}} + k\frac{q_a q_c}{d_{AC}} + k\frac{q_d q_c}{d_{DC}}} =$$

$d_{AD} = d_{DC} = 1\ m$

$d_{AC} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}\ m$ ← teorema de Pitágoras

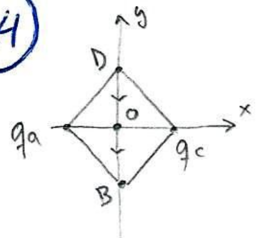
$q_a = q_c = -3 \cdot 10^{-3}\ C$

$q_d = -q_a \qquad k = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2 C^{-2}$

$$= 9 \cdot 10^9 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \left(-\frac{1}{1} + \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{1}\right) = \boxed{-1{,}05 \cdot 10^5\ J}$$

- Interpretación: al ser una $E_g < 0$ (negativa), $|E_g| = 1{,}05 \cdot 10^5\ J$ es la energía que se libera cuando se forma el sistema, es decir: cuando transportamos las cargas una por una desde posiciones iniciales de reposo infinitamente alejadas entre sí, hasta dejarlas en reposo en sus posiciones actuales. (Intuitivamente, usamos una F_{ext} que ha de "frenar" más que "arrastrar").

B.4



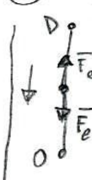
1.- $\boxed{W_{ext}^{D \to B} = \Delta E_p} = q_d (V_B - V_D) = \boxed{0}$

por simetría vemos que $V_B = V_D$
($q_a = q_c$, $d_{AD} = d_{AB} = d_{DC} = d_{CB}$)

2.- $\boxed{W_{elec}^{D \to B} = -\Delta E_p} = \boxed{0}$ ← (mismo razonamiento que W_{ext})

3.- Interpretación: suponemos el movimiento $D \to B$ en línea recta y $\overrightarrow{\vec{v} = \text{constante}}$ $\Rightarrow \vec{F}_{TOT} = \vec{F}_e + \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ (2ª ley NEWTON) $\Rightarrow \boxed{\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_e}$. Lo separamos en dos etapas ① y ②:

① : $D \to O$



$\vec{F}_{ext}$ → en contra del mov., $W_{ext}^{①} < 0$

$\vec{F}_e$ → a favor del mov., $W_{elec}^{①} > 0$

② : $O \to B$

$\vec{F}_e$ → en contra del mov., $W_{elec}^{②} < 0$

$\vec{F}_{ext}$ → a favor del mov. $W_{ext}^{②} > 0$

Por simetría es fácil ver que en ② se intercambian totalmente papeles: $\vec{F}_{ext}$ arrastra como $\vec{F}_e$ lo ha hecho en ①, y $\vec{F}_e$ frena como $\vec{F}_{ext}$ en ①:

$W_{ext}^{②} = W_{elec}^{①} = -\Delta E_p^{①} = -W_{ext}^{①} \Rightarrow \boxed{W_{ext}^{D \to B} = W_{ext}^{①} + W_{ext}^{②} = 0}$ (Análogo para W_{elec}).