Campo electrostático

Método e recomendacións

● Cargas puntuais

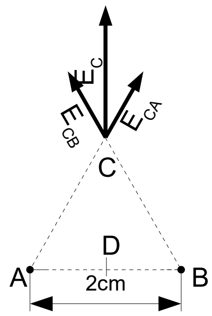
1. En dous dos vértices dun triángulo equilátero de 2 cm de lado sitúanse dúas cargas puntuais de +10 µC cada unha. Calcula:
   a) O campo eléctrico nun dos vértices.
   b) A forza que actúa sobre a carga situada nese vértice.
   c) A carga que habería que colocar no centro do triángulo para que o conxunto quede en equilibrio.
   d) O potencial electrostático en calquera vértice, tendo en conta a carga no centro.
   e) A enerxía potencial electrostática do conxunto das catro cargas.
   f) A enerxía posta en xogo para que o triángulo rote 45° arredor dun eixo que pasa polo centro e é perpendicular ao plano do papel.
   g) O traballo necesario para levar a carga situada no centro ata o punto medio dun lado.
   h) Se a masa da carga é de 0,250 g, e sóltase sen velocidade no centro do lado, calcula a súa velocidade cando pasa polo centro do triángulo.

   Datos: $K = 9·10^9$ N·m²·C⁻². *Problema modelo baseado en P.A.U. Xuño 08, Xuño 11 e Set. 14*

   Rta.: a) $\overline{\boldsymbol{E}} = 1{,}17·10^8$ N/C, na bisectriz cara ao exterior; b) $\overline{\boldsymbol{F}} = 351$ N; c) $q = -1{,}73$ µC
   d) $V = 1{,}35·10^6$ V; e) $E_p = 0$; f) $\Delta E = 0$; g) W(ext.) = −0,097 J; h) $v = 28$ m/s cara ao vértice oposto.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Valor de cada carga fixa	$Q = 3{,}00$ µC $= 3{,}00·10^{-6}$ C
Lonxitude do lado do triángulo equilátero	$L = 2{,}00$ cm $= 0{,}0200$ m
Masa da carga que se despraza	$m = 0{,}250$ g $= 2{,}50·10^{-4}$ kg
Constante eléctrica	$K = 9{,}00·10^9$ N·m²·C⁻²
Incógnitas	
Vector intensidade do campo eléctrico nun vértice	$\overline{\boldsymbol{E}}$
Vector forza que actúa sobre a carga situada nese vértice	$\overline{\boldsymbol{F}}$
Carga que equilibre ás outras tres	q
Potencial electrostático nun vértice	V
Enerxía potencial do conxunto das catro cargas	E_p
Enerxía para que o triángulo rote 45°	ΔE
Traballo para levar a carga do centro ata o punto medio dun lado	$W_{O\rightarrow D}$
A velocidade cando pasa polo centro do triángulo	v
Outros símbolos	
Distancia entre dous puntos A e B	r_{AB}
Ecuacións	
Intensidade do campo electrostático nun punto creado por unha carga puntual, Q, situada a unha distancia, r	$\vec{\boldsymbol{E}}=K\frac{Q}{r^2}\vec{\boldsymbol{u}}_r = \frac{\vec{\boldsymbol{F}}}{q}$
Principio de superposición	$\vec{\boldsymbol{E}}_A=\sum \vec{\boldsymbol{E}}_{A\,i}$
Potencial electrostático nun punto creado por unha carga puntual, Q, situada a unha distancia, r	$V=K\frac{Q}{r}$
Potencial electrostático nun punto debido a varias cargas	$V = \sum V_i$
Traballo que fai a forza do campo cando se move unha carga, q, desde un punto A hasta outro punto B	$W_{A\rightarrow B} = q\,(V_A - V_B)$
Enerxía potencial electrostática dunha carga, q, nun punto A	$E_{p\,A} = q \cdot V_A$
Enerxía potencial electrostática dunha interacción entre dúas cargas puntuais, Q e q, a unha distancia, r, unha da outra	$E_p=K\frac{Q\cdot q}{r}$
Enerxía potencial electrostática dun conxunto de cargas	$E_p = \sum E_{p\,i} = ½\sum E_{p\,q}$
Enerxía cinética dun corpo de masa m que se despraza con velocidade v	$E_c = ½\, m \cdot v^2$
Principio da conservación da enerxía entre dous puntos A y B	$(E_c + E_p)_A = (E_c + E_p)_B$

Solución:



a) Faise un debuxo situando as cargas nos vértices A e B do lado horizontal e o punto C será o outro vértice.
Debúxase un vector por cada carga, prestando atención ao sentido. As intensidades de campo electrostático creadas polas cargas nos puntos A e B son de repulsión (porque as cargas son positivas) e os seus valores son iguais
Debúxase o vector suma vectorial, que é o vector intensidade de campo electrostático, $\vec{E}_C$, resultante.
Como os vectores intensidade de campo electrostático creados polas cargas de A e B son do mesmo valor, as súas compoñentes horizontais anúlanse e a resultante será vertical e estará dirixida cara o sentido positivo do eixe *Y*. O valor da resultante será a suma das compoñentes verticais de cada carga, e, como son dous, o dobre da compoñente vertical dunha delas.
Para determinar a intensidade de campo electrostático nun punto, calcúlase a intensidade de campo electrostático creado por cada carga nese punto, e despois súmanse os vectores.
A ecuación do vector intensidade de campo electrostático creado por unha carga puntual, *Q*, situada a unha distancia, *r*, é:

$$\vec{E}=K\frac{Q}{r^2}\vec{u}_r$$

A distancia entre os puntos A e C é o lado del triángulo: $r = L$ = 2,00 cm = 0,0200 m.
O vector unitario do punto C, $\vec{u}_{AC}$ respecto de A é:

$$\vec{u}_{AC}=\cos 60°\,\vec{\mathbf{i}}+\operatorname{sen} 60°\,\vec{\mathbf{j}}=0{,}500\,\vec{\mathbf{i}}+0{,}866\,\vec{\mathbf{j}}$$

A intensidade de campo electrostático $\vec{E}_{CA}$ no punto C, debida á carga de 3 µC situada en A, é:

$$\vec{E}_{CA}=9{,}00\cdot10^9\ [\mathrm{N\cdot m^2\cdot C^{-2}}]\frac{3{,}00\cdot10^{-6}\ [\mathrm{C}]}{(0{,}0200\ [\mathrm{m}])^2}(0{,}500\,\vec{\mathbf{i}}+0{,}866\,\vec{\mathbf{j}})= =(3{,}38\cdot10^7\,\vec{\mathbf{i}}+5{,}85\cdot10^7\,\vec{\mathbf{j}})\ \mathrm{N/C}$$

A intensidade de campo electrostático no punto C, debida á carga de 3 µC situada no punto B é simétrica á do punto A. Os valores das súas compoñentes son os mesmos, pero o signo da compoñente horizontal é oposto, porque está dirixido en sentido contrario:

$$\vec{E}_{CB} = (-3{,}38\cdot10^7\,\vec{\mathbf{i}} + 5{,}85\cdot10^7)\,\vec{\mathbf{j}}\ \mathrm{N/C}$$

Polo principio de superposición, a intensidade de campo electrostático resultante no punto C é a suma vectorial das intensidades de campo debidas a cada carga.

$$\vec{E}_C = \vec{E}_{CA} + \vec{E}_{CB} = (3{,}38\cdot10^7\,\vec{\mathbf{i}} + 5{,}85\cdot10^7\,\vec{\mathbf{j}})\ [\mathrm{N/C}] + (-3{,}38\cdot10^7\,\vec{\mathbf{i}} + 5{,}85\cdot10^7\,\vec{\mathbf{j}})\ [\mathrm{N/C}] = 1{,}17\cdot10^8\,\vec{\mathbf{j}}\ \mathrm{N/C}$$

Análise: A dirección do campo resultante é vertical cara arriba, como se ve no debuxo.

Unha resposta xeral independente de como se elixiron os vértices sería: O campo eléctrico no terceiro vértice vale 1,17·10⁸ N/C e está dirixido segundo a bisectriz do ángulo cara ao exterior do triángulo.

b) Como a intensidade do campo electrostático nun punto é a forza sobre a unidade de carga positiva colocada nese punto, podemos calcular a forza electrostática sobre a carga de 3 µC a partir do vector intensidade de campo electrostático:

$$\vec{F} = q\cdot\vec{E} = 3{,}00\cdot10^{-6}\ [\mathrm{C}]\cdot1{,}17\cdot10^8\,\vec{\mathbf{j}}\ [\mathrm{N/C}] = 351\,\vec{\mathbf{j}}\ \mathrm{N}$$

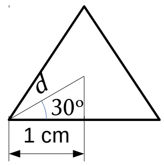
Unha resposta xeral independente de como se elixiron os vértices sería: A forza electrostática sobre a carga situada nun vértice vale 351 N e está dirixido segundo a bisectriz do ángulo cara ao exterior do triángulo.

c) Para calcular a carga que habería que colocar no centro O do triángulo para que o conxunto quede en equilibrio, buscamos a carga que, situada no centro do triángulo, exerza un campo eléctrico no vértice que anule o que producen as cargas situadas nos outros vértices.

$$\vec{E}_{CO} = -(\vec{E}_{CA} + \vec{E}_{CB})$$

Calcúlase primeiro a distancia do centro do triángulo ao vértice:

$$\cos 30\,^{o}=\frac{1\,[\text{cm}]}{d}$$



$$d=\frac{1\,[\text{cm}]}{0{,}866}=1{,}15\ \text{cm}=0{,}0115\ \text{m}$$

Chamando q á carga situada no centro O, debe cumprirse que o vector intensidade do campo electrostático creado por ela sea oposto ao que producen as cargas situadas nos outros vértices:

$$\vec{E}_{\text{CO}}=9{,}00\cdot 10^{9}\ [\text{N}\cdot\text{m}^{2}\cdot\text{C}^{-2}]\frac{q}{(0{,}0115\,[\text{m}])^{2}}\vec{\mathbf{j}}=-1{,}17\cdot 10^{8}\,\vec{\mathbf{j}}\,[\text{N/C}]$$

$$q=\frac{-1{,}17\cdot 10^{8}\,[\text{N/C}]\cdot(0{,}0115\,[\text{m}])^{2}}{9{,}00\cdot 10^{9}\,[\text{N}\cdot\text{m}^{2}\cdot\text{C}^{-2}]}=-1{,}73\cdot 10^{-6}\ \text{C}$$

d) Para calcular o potencial electrostático nun punto, calcúlase cada un dos potenciais creados nese punto por cada carga situada nos vértices e deseguido súmanse.
A ecuación do potencial, V, electrostático nun punto creado por unha carga puntual, Q, situada a unha distancia, r, é:

$$V=K\frac{Q}{r}$$

Calcúlanse os potenciais electrostáticos no vértice C, debidos a cada unha das cargas:

$$V_{\text{CA}}=9{,}00\cdot 10^{9}\ [\text{N}\cdot\text{m}^{2}\cdot\text{C}^{-2}]\frac{3{,}00\cdot 10^{-6}\,[\text{C}]}{(0{,}0200\,[\text{m}])}=1{,}35\cdot 10^{6}\ \text{V}$$

$$V_{\text{CB}} = V_{\text{CA}} = 1{,}35\cdot 10^{6}\ \text{V}$$

$$V_{\text{CO}}=9{,}00\cdot 10^{9}\ [\text{N}\cdot\text{m}^{2}\cdot\text{C}^{-2}]\frac{-1{,}73\cdot 10^{-6}\,[\text{C}]}{(0{,}0115\,[\text{m}])}=-1{,}35\cdot 10^{6}\ \text{V}$$

O potencial electrostático nun punto debido á presenza de varias cargas, é a suma alxébrica dos potenciais debidos a cada carga.

$$V_{\text{C}} = V_{\text{CA}} + V_{\text{CB}} + V_{\text{CO}} = 1{,}35\cdot 10^{6}\ [\text{V}] + 1{,}35\cdot 10^{6}\ [\text{V}] - 1{,}35\cdot 10^{6}\ [\text{V}] = 1{,}35\cdot 10^{6}\ \text{V}$$

e, f) A enerxía potencial de cada interacción entre dúas cargas vén dada pola expresión:

$$E_{\text{p i}}=K\frac{Q\cdot q}{r}$$

A enerxía total electrostática é a suma das enerxías das seis interaccións: A ↔B, A ↔C, B↔C, e A↔O, B↔O e C↔O.
A tres primeiras valen o mesmo, porque as cargas e as distancias son iguais:

$$E_{\text{A}\leftrightarrow\text{B}}=E_{\text{A}\leftrightarrow\text{C}}=E_{\text{B}\leftrightarrow\text{C}}=9{,}00\cdot 10^{9}\ [\text{N}\cdot\text{m}^{2}\cdot\text{C}^{-2}]\frac{3{,}00\cdot 10^{-6}\,[\text{C}]\cdot 3{,}00\cdot 10^{-6}\,[\text{C}]}{0{,}0200\,[\text{m}]}=4{,}05\ \text{J}$$

E as tres últimas tamén valen o mesmo, porque as cargas e as distancias volven ser iguais:

$$E_{\text{A}\leftrightarrow\text{O}}=E_{\text{B}\leftrightarrow\text{O}}=E_{\text{C}\leftrightarrow\text{O}}=9{,}00\cdot 10^{9}\ [\text{N}\cdot\text{m}^{2}\cdot\text{C}^{-2}]\frac{3{,}00\cdot 10^{-6}\,[\text{C}]\cdot(-1{,}73\cdot 10^{-6})\,[\text{C}]}{0{,}0115\,[\text{m}]}=-4{,}05\ \text{J}$$

$$E = E_{\text{A}\leftrightarrow\text{B}} + E_{\text{A}\leftrightarrow\text{C}} + E_{\text{B}\leftrightarrow\text{C}} + E_{\text{A}\leftrightarrow\text{O}} + E_{\text{B}\leftrightarrow\text{O}} + E_{\text{C}\leftrightarrow\text{O}} = 3\cdot 4{,}05\ [\text{J}] + 3\cdot(-4{,}05\ [\text{J}]) = 0$$

Análise: Se se calculase a enerxía total como a suma das enerxías potenciais das seis cargas, o resultado daría o dobre, porque estaríanse a contar as interaccións dúas veces. Por exemplo a interacción A ↔ B aparece no cálculo da enerxía potencial da carga en A e tamén no cálculo da enerxía potencial da carga en B.

Como ao xirar 45°, as distancias relativas non cambian, a enerxía da nova disposición é a mesma, e a enerxía total requirida é cero.

$$\Delta E = E_p{}'_T - E_{p\ T} = 0$$

g) Chámase punto D ao centro do lado AB.
O traballo realizado polas forzas do campo electrostático cando se move unha carga q desde o punto O centro do triángulo ao punto D centro dun lado, é a diminución da enerxía potencial entre os puntos O e D.
Como o potencial electrostático é a enerxía potencial da unidade de carga, o traballo realizado polas forzas do campo é igual ao valor da carga, q, que se despraza, multiplicado pola diferencia de potencial entre os puntos de partida, O, e de chegada, D:

$$W_{\text{campo}} = W_{O\to D} = -(E_{p\ D} - E_{p\ O}) = E_{p\ O} - E_{p\ D} = q\,(V_O - V_D)$$

Calcúlanse os potenciais no punto O debidos a cada carga, excepto a que se move. Son todos iguais, porque as cargas e as distancias son iguais:

$$V_{OA} = V_{OB} = V_{OC} = 9{,}00\cdot10^9\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{3{,}00\cdot10^{-6}\ [\text{C}]}{(0{,}0115\ [\text{m}])} = 2{,}34\cdot10^6\ \text{V}$$

O potencial electrostático no punto O é a suma:

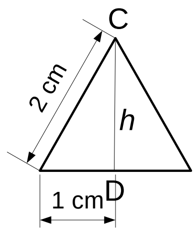
$$V_O = V_{OA} + V_{OB} + V_{OC} = 3\cdot2{,}34\cdot10^6\ [\text{V}] = 7{,}01\cdot10^6\ \text{V}$$

Calcúlanse os potenciais no punto D, debidos a cada carga, excepto a que se move.
O potencial no punto D, debido a cada unha das cargas do lado AB é:

$$V_{DA} = V_{DB} = 9{,}00\cdot10^9\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{3{,}00\cdot10^{-6}\ [\text{C}]}{(0{,}0100\ [\text{m}])} = 2{,}70\cdot10^6\ \text{V}$$

A distancia do vértice C ao centro D do lado oposto vale:

$$h = \sqrt{(2{,}00\ [\text{cm}])^2 - (1{,}00\ [\text{cm}])^2} = \sqrt{3{,}00\ [\text{cm}]^2} = 1{,}73\ \text{cm} = 0{,}0173\ \text{m}$$



Calcúlase o potencial no punto D, debido á carga situada no vértice C:

$$V_{DC} = 9{,}00\cdot10^9\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{3{,}00\cdot10^{-6}\ [\text{C}]}{(0{,}0173\ [\text{m}])} = 1{,}56\cdot10^6\ \text{V}$$

O potencial electrostático no punto D é a suma:

$$V_D = V_{DÁ} + V_{DB} + V_{DC} = 2\cdot2{,}70\cdot10^6\ [\text{V}] + 1{,}56\cdot10^6\ [\text{V}] = 6{,}96\cdot10^6\ \text{V}$$

O traballo realizado polas forzas do campo electrostático cando se move unha carga $q = -1{,}73\ \mu\text{C}$ desde o punto O ao D é:

$$W_{O\to D} = q\,(V_O - V_D) = -1{,}73\cdot10^{-6}\ [\text{C}]\cdot(7{,}01\cdot10^6 - 6{,}96\cdot10^6)\ [\text{V}] = -0{,}08\ \text{J}$$

Análise: Pérdense dúas cifras significativas ao restar. Se empregásemos 6 cifras significativas, o resultado sería: $W_{O\to D} = q\,(V_O - V_D) = -1{,}73205\cdot10^{-6}\cdot(7{,}01481\cdot10^6 - 6{,}95885\cdot10^6) = -0{,}09693\ \text{J}$

Supoñendo que salga de O e chegue a D coa mesma velocidade, o traballo da forza resultante, igual á variación de enerxía cinética, será nulo, e o traballo que hai que facer é o oposto ao da forza do campo:

$$W(\text{exterior}) = W(\text{resultante}) - W(\text{campo}) = 0 - W(\text{campo}) = -W(\text{campo})$$

O traballo necesario para mover unha carga $q = -1{,}73\ \mu\text{C}$ desde o punto O ao D, supoñendo que chegue a D coa mesma velocidade que tiña en O, é:

$$W(\text{exterior}) = -W(\text{campo}) = 0{,}08\ \text{J}$$

h) Como a forza electrostática é unha forza conservativa, a enerxía mecánica consérvase.

$$(E_c + E_p)_O = (E_c + E_p)_D$$

$$\tfrac{1}{2}\,m\,v^2_O + q\cdot V_O = \tfrac{1}{2}\,m\,v^2_O + q\cdot V_D$$

$$-1{,}73\cdot10^{-6}\ [\text{C}]\cdot(7{,}01\cdot10^6\ [\text{V}]) = (2{,}50\cdot10^{-4}\ [\text{kg}]\cdot v_D^2)/2 + (-1{,}73\cdot10^{-6}\ [\text{C}])\cdot(6{,}96\cdot10^6\ [\text{V}])$$

$$v_D = \sqrt{\frac{2\cdot(-1{,}73\cdot10^{-6}\ [\text{C}])\cdot(7{,}01\cdot10^6 - 6{,}96\cdot10^6)[\text{V}]}{2{,}50\cdot10^{-4}\ [\text{kg}]}} = \sqrt{\frac{2\cdot0{,}09\ [\text{J}]}{2{,}50\cdot10^{-4}\ [\text{kg}]}} = 3\cdot10^1\ \text{m/s}$$

Análise: [Pérdense dúas cifras significativas ao restar](). Se empregásemos 6 cifras significativas, o resultado sería: v_D = 27,8 m/s.

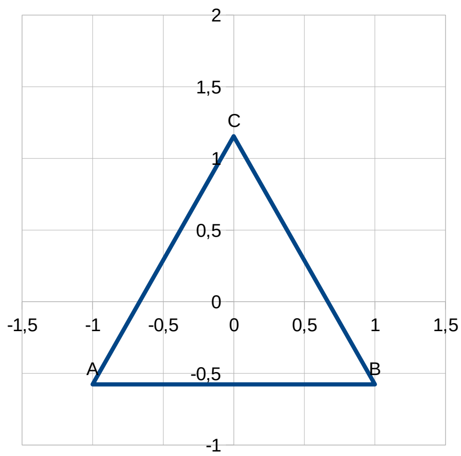
Como a velocidade é un vector, hai que deducir a dirección e sentido.
Do feito de que pase pola orixe, pódese deducir que a aceleración ten a dirección do eixo *Y* en sentido positivo. Se un móbil parte do repouso, e a aceleración ten dirección constante, o movemento será rectilíneo na liña da aceleración. Por tanto, a dirección da velocidade é a do eixo *Y* en sentido positivo

$$\overline{\boldsymbol{v}}_D = 3 \cdot 10^1\ \overline{\mathbf{j}}\ \text{m/s}$$

En xeral, o vector velocidade valerá $3 \cdot 10^1$ m/s na dirección entre o centro do lado e o centro do triángulo, no sentido do vértice oposto ao lado do que sae.

Algunhas das respostas e o seu cálculo poden verse coa folla de cálculo [Electrostática (gal)](), aínda que hai que ir por partes.
Primeiro habería que calcular as coordenadas na pestana «Coords». Escriba os datos nas celas de cor branca e bordo azul, e faga clic e elixa as magnitudes e unidades nas celas de cor salmón:

	Figura:	Triángulo equilátero		
	Lonxitude do	lado	2	cm
		x (cm)	y (cm)	
Situar o punto	Centro			cm
	Xirar	210	°	
RESULTADOS				
Redondear a	12	decimais	Coordenadas	
	Punto	x (cm)	y (cm)	
	A	−1	−0,57735 026 919	
	B	1	−0,57735 026 919	
	C	0	1,15470 053 838	



Seleccione as celas coas coordenadas e cópieas (pulsando ao tempo as teclas Ctrl e C). Faga clic na pestana «Enunciado» e faga clic á dereita de Q_1. Elixa no menú: Editar → Pegado especial → Pegar só números.
Escriba os datos restantes nas celas de cor branca e bordo azul, e faga clic e elixa as magnitudes e unidades nas celas de cor salmón:

Enunciado	**Datos: K =**	$9{,}00 \cdot 10^9$	ε' =	1		
Dada a seguinte distribución de cargas, (en	µC	)		Coord X (cm)	Coord Y (cm)	Carga (µC)
(coordenadas en	cm	)	Q_1	−1	−0,57735 026 919	3
e os puntos C e B, calcula:			Q_2	1	−0,57735 026 919	3
a) O vector campo eléctrico no punto	C		Q_3	0	1,15470 053 838	3
b) O vector forza sobre			Q_4			
unha partícula de carga *q* =	3	µC				
e masa m =				Coord X (cm)	Coord Y (cm)	
situada nese punto.			C	0	1,15470 053 838	

Os resultados son:

Respostas		Cifras significativas:	6	
Compoñente x	Compoñente y	Módulo	Unidades	S.I.

$\vec{E}$(C) =	0	$1{,}16913 \cdot 10^8$	$1{,}16913 \cdot 10^8$	N/C
$\vec{F}$ =	0	350,740	350,740	N
V(C) =	$2{,}70000 \cdot 10^6$			V
	Puntos do traballo non definidos			
		Conxunto E_p =	12,1500	J
Carga que equilibra		Q =	$-1{,}73205 \cdot 10^{-6}$	C
en	Coordenada x	Coordenada y		
M	0	0		m

Para o apartado d), haberá que escribir o valor da carga que equilibra e poñer as súas coordenadas na pestana «Enunciado»

Enunciado **Datos: K =** $9{,}00 \cdot 10^9$ ε' = 1

Dada a seguinte distribución de cargas, (en µC)
(coordenadas en cm)
e os puntos D e G, calcula:
a) O vector campo eléctrico no punto C
b) O vector forza sobre
unha partícula de carga q =
e masa m =
situada nese punto.

	Coord X (cm)	Coord Y (cm)	Carga (µC)
Q_1	−1	−0,57735 026 919	3
Q_2	1	−0,57735 026 919	3
Q_3	0	1,15470 053 838	3
Q_4	0	0,00000 000 000	−1,7320507

	Coord X (cm)	Coord Y (cm)
C	0	1,15470 053 838

O novo resultado sería:

Respostas Cifras significativas: 6

	Compoñente x	Compoñente y	Módulo	Unidades
$\vec{E}$(C) =	0	0	0	N/C
V(C) =	$1{,}35000 \cdot 10^6$			V

Para os restantes apartados, haberá que escribir a masa e a carga da partícula que se despraza, poñer as coordenadas dos puntos medio G e D(centro da base del triángulo) e elixir os puntos inicial e final nos apartados d) traballo y e) velocidade. Pestana «Enunciado»

Enunciado **Datos: K =** $9{,}00 \cdot 10^9$ ε' = 1

Dada a seguinte distribución de cargas, (en µC)
(coordenadas en cm)
e los puntos D e G, calcula:
a) El vector campo eléctrico en el punto D
b) O vector forza sobre
unha partícula de carga q = −1,7320507 µC
e masa m = 0,25 g
situada nese punto.

	Coord X (cm)	Coord Y (cm)	Carga (µC)
Q_1	−1	−0,57735 026 919	3
Q_2	1	−0,57735 026 919	3
Q_3	0	1,15470 053 838	3
Q_4	0	0,00000 000 000	−1,7320507

	Coord X (cm)	Coord Y (cm)
D	0	−0,57735 026 919

G	0	0

d) O traballo necesario para desprazar aa partícula anterior desde o punto D ata o punto G

e) A velocidade coa que pasa polo punto G se a velocidade en D é v(D) = 0 m/s

f) A enerxía potencial do conxunto de cargas fixas

Os novos resultados son:

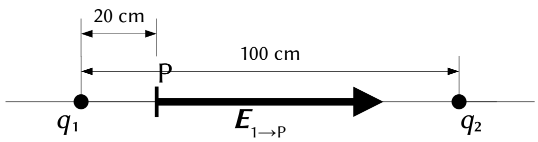
V(D) =	$6{,}95885 \cdot 10^6$	V(G) =	$7{,}01481 \cdot 10^6$ V
	W(ext.) = - W(campo D⟶G) =		−0,0969256 J
E_c(D) =	0	E_c(G) =	0,0969256 J
		v(G) =	27,8461 m/s
		Conxunto E_p =	0 J

2. Dúas cargas eléctricas positivas (q_1 e q_2) están separadas unha distancia de 1 m. Entre as dúas hai un punto, situado a 20 cm de q_1, onde o campo eléctrico é nulo. Sabendo que q_1 é igual a 2 µC, calcula:
   a) O valor de q_2.
   b) O potencial no punto no que se anula o campo.
   c) O traballo realizado pola forza do campo para levar unha carga de −3 µC desde o punto no que se anula o campo ata o infinito.
   Dato: $K = 9 \cdot 10^9$ N·m²·C⁻². *(A.B.A.U. Set. 18)*
   Rta.: a) q_2 = 32 µC; b) $V = 4{,}5 \cdot 10^5$ V; c) W = −1,4 J.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Distancia entre as cargas q_1 e q_2	d = 1,00 m
Distancia do punto P á carga q_1	d_{P1}= 20,0 cm = 0,200 m
Valor da carga situada no punto 1	q_1 = 2,00 µC = $2{,}00 \cdot 10^{-6}$ C
Valor da carga situada no punto P	q = −3,00 µC = $-3{,}00 \cdot 10^{-6}$ C
Campo eléctrico no punto P	$\lvert\vec{E}_P\rvert = 0$
Constante eléctrica	$K = 9{,}00 \cdot 10^9$ N·m²·C⁻²
Incógnitas	
Valor da carga q_2	q_2
Potencial electrostático no punto P	V_P
Traballo para trasladar unha carga de −3 µC desde P ata o infinito	$W_{P\to\infty}$
Outros símbolos	
Distancia entre dous puntos A e B	r_{AB}
Ecuacións	
Intensidade do campo electrostático nun punto creado por unha carga puntual Q situada a unha distancia, r	$\vec{E} = K \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$
Principio de superposición	$\vec{E}_A = \sum \vec{E}_{A\,i}$
Potencial electrostático nun punto creado por unha carga puntual, Q, situada a unha distancia r	$V = K \frac{Q}{r}$
Potencial electrostático nun punto debido a varias cargas	$V = \sum V_i$
Traballo que fai a forza do campo cando se move unha carga q desde un punto A ata outro punto B	$W_{A\to B} = q\,(V_A - V_B)$

Solución:

a) Faise un debuxo do vector intensidade de campo electrostático creado pola carga q_1. Como a carga é positiva, o vector intensidade de campo electrostático está dirixido no sentido positivo do eixe X.



Para determinar a intensidade de campo electrostático nun punto, calcúlase a intensidade de campo electrostático creado por cada carga nese punto, e despois súmanse os vectores.
A ecuación do vector intensidade de campo electrostático creado por unha carga puntual, Q, situada a unha distancia, r, é:

$$\vec{E}=K\frac{Q}{r^2}\vec{u}_r$$

A distancia entre os puntos 1 e P é: d_{P1}= 20,0 cm = 0,200 m.
O vector unitario do punto P respecto ao punto 1, é o vector unitario do eixe X, $\bar{\mathbf{i}}$.
A intensidade de campo electrostático no punto P, debido á carga de 2 µC situada no punto 1, é:

$$\vec{E}_{P1}=9{,}00\cdot 10^9\ [\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{2{,}00\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]}{(0{,}200\ [\text{m}])^2}\vec{\mathbf{i}}=4{,}50\cdot 10^5\vec{\mathbf{i}}\ \text{N/C}$$

A intensidade de campo electrostático no punto P debida á carga q_2 situada no punto 2, a 1 m de distancia da carga q_1, ten que ser oposta, para que a intensidade de campo electrostático no punto P sexa nula.

$$\overline{\boldsymbol{E}}_{P2} = -4{,}50\cdot 10^5\ \bar{\mathbf{i}}\ \text{N/C}$$

Tendo en conta que a distancia de q_2 ao punto P é d_{P2} = 1,00 [m] − 0,200 [m] = 0,80 m, pódese escribir para o módulo da intensidade do campo electrostático:

$$|\vec{E}|=K\frac{q}{r^2}\Rightarrow 4{,}50\cdot 10^5=9{,}00\cdot 10^9\frac{q_2}{0{,}80^2}$$

Despéxase o valor da carga q_2:

$$q_2 = 3{,}2\cdot 10^{-5}\ \text{C} = 32\ \mu\text{C}$$

Análise: Como a distancia de q_2 ao punto P é 4 veces maior que a da carga q_1, o valor da carga terá que ser 4^2 = 16 *veces maior.*

b) Para calcular o potencial electrostático nun punto, calcúlase cada un dos potenciais creados nese punto por cada carga situada nos vértices e deseguido súmanse.
A ecuación do potencial, V, electrostático nun punto creado por unha carga puntual, Q, situada a unha distancia, r, é:

$$V=K\frac{Q}{r}$$

Calcúlanse os potenciais electrostáticos no punto P, debidos a cada unha das cargas:

$$V_{P1}=9{,}00\cdot 10^9\ [\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{2{,}00\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]}{(0{,}20\ [\text{m}])}=9{,}00\cdot 10^4\ \text{V}$$

$$V_{P2}=9{,}00\cdot 10^9\ [\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{32\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]}{(0{,}80\ [\text{m}])}=3{,}6\cdot 10^5\ \text{V}$$

O potencial electrostático dun punto debido á presenza de varias cargas, é a suma alxébrica dos potenciais debidos a cada carga.

$$V_P = V_{P1} + V_{P2} = 9{,}00\cdot 10^4\ [\text{V}] + 3{,}6\cdot 10^5\ [\text{V}] = 4{,}5\cdot 10^5\ \text{V}$$

c) O traballo realizado polas forzas do campo electrostático cando se move unha carga, q, desde o punto P, onde se anula o campo, ao infinito, é a diminución da enerxía potencial entre eses puntos.
A enerxía potencial electrostática do infinito é nula, por definición. Como o potencial electrostático é a enerxía potencial da unidade de carga, o traballo realizado polas forzas do campo é igual ao valor da carga, q, que se despraza, multiplicado polo potencial do punto de partida P:

$$W_{\text{campo}} = W_{P\to\infty} = -(E_{p\ \infty} - E_{p\ P}) = E_{p\ P} - E_{p\ \infty} = q\cdot V_P$$

O traballo que fai a forza do campo para levar a carga de −3 µC desde o punto P ata o infinito é:

$$W_{P\to\infty} = q\cdot V_P = -3{,}00\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]\cdot 4{,}5\cdot 10^5\ [\text{V}] = -1{,}4\ \text{J}$$

3. Unha carga puntual Q ocupa a posición (0, 0) do plano XY no baleiro. Nun punto A de o eixe X o potencial é $V = -100$ V e o campo eléctrico é $\overline{\boldsymbol{E}} = -10\ \overline{\mathbf{i}}$ N/C (coordenadas en metros):
   a) Calcula a posición do punto A e o valor de Q.
   b) Determina o traballo necesario para levar un protón desde o punto B(2, 2) ata o punto A.
   c) Fai unha representación gráfica aproximada da enerxía potencial do sistema en función da distancia entre ambas as cargas. Xustifica a resposta.
   Dato: Carga do protón: $1{,}6\cdot10^{-19}$ C; $K = 9\cdot10^{9}$ N·m²·C⁻². *(P.A.U. Set. 11)*
   Rta.: a) $\overline{\boldsymbol{r}}_A = (10{,}0,\ 0)$ m; $Q = -1{,}11\cdot10^{-7}$ C; b) $W = -4{,}05\cdot10^{-17}$ J.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Posición da carga Q	$\overline{\boldsymbol{r}}_O = (0,\ 0)$ m
Potencial no punto A	$V = -100$ V
Campo eléctrico no punto A	$\overline{\boldsymbol{E}} = -10{,}0\ \overline{\mathbf{i}}$ N/C
Posición do punto B	$\overline{\boldsymbol{r}}_B = (2{,}000,\ 2{,}000)$ m
Carga do protón	$q_p = 1{,}60\cdot10^{-19}$ C
Constante eléctrica	$K = 9{,}00\cdot10^{9}$ N·m²·C⁻²
Incógnitas	
Posición do punto A	$\overline{\boldsymbol{r}}_A$
Valor da carga Q	Q
Traballo necesario para levar un protón de B a A	$W_{B\to A}$
Outros símbolos	
Distancia entre dous puntos A e B	r_{AB}
Ecuacións	
Campo eléctrico creado por unha carga puntual Q a unha distancia r	$\vec{\boldsymbol{E}}=K\dfrac{Q}{r^2}\vec{\boldsymbol{u}}_r$
Potencial electrostático dun un punto que dista unha distancia r dunha carga Q	$V=K\dfrac{Q}{r}$
Traballo que fai a forza do campo cando se move unha carga q desde un punto A ata outro punto B	$W_{A\to B} = q\,(V_A - V_B)$
Enerxía potencial electrostática dunha carga q nun punto A	$E_{p\,A} = q\cdot V_A$

Solución:

a) Substitúense os datos nas ecuacións do campo:

$$\vec{\boldsymbol{E}}=K\frac{Q}{r^2}\vec{\boldsymbol{u}}_r$$

$$-10{,}0\,\vec{\mathbf{i}}\ [\text{N/C}]=9{,}00\cdot10^{9}\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{Q}{r^2}\vec{\boldsymbol{u}}_r$$

Tomando só o módulo, queda:

$$10{,}0\ [\text{N/C}]=9{,}00\cdot10^{9}\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{|Q|}{r^2}$$

Substitúese tamén na ecuación de potencial electrostático:

$$V=K\frac{Q}{r}$$

$$-100\ [\text{V}]=9{,}00\cdot10^{9}\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{Q}{r}$$

Como na ecuación do campo aparece o valor absoluto da carga $|Q|$, aplicamos valores absolutos á ecuación do potencial, que queda:

$$100\ [\text{V}]=9{,}00\cdot10^{9}\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{|Q|}{r}$$

Resólvese o sistema:

$$\begin{cases} 10{,}0=9{,}00\cdot 10^9 \dfrac{|Q|}{r^2} \\ 100=9{,}00\cdot 10^9 \dfrac{|Q|}{r} \end{cases}$$

Dividindo a segunda ecuación entre a primeira, obtense:

$$r = 10{,}0 \text{ m}$$

Despexando o valor absoluto da carga $|Q|$ da segunda ecuación:

$$Q = 1{,}11\cdot 10^{-7} \text{ C}$$

O potencial é negativo, por tanto, a carga debe ser negativa:

$$Q = -1{,}11\cdot 10^{-7} \text{ C}$$

Como a intensidade do campo electrostático no punto é negativa, $\overline{\boldsymbol{E}}_r = -10{,}0\ \bar{\mathbf{i}}$ (N/C), o punto ten que estar no semieixe positivo:

$$\overline{\boldsymbol{r}}_{A} = (10{,}0,\ 0) \text{ m}$$

b) O traballo realizado polas forzas do campo electrostático cando se move unha carga, q, desde o punto B ao punto A, é a diminución da enerxía potencial entre os puntos B e A. Como o potencial electrostático é a enerxía potencial da unidade de carga, o traballo realizado polas forzas do campo é igual ao valor da carga, q, que se despraza, multiplicado pola diferencia de potencial entre os puntos de partida B e chegada A:

$$W_{\text{campo}} = W_{B\to A} = -(E_{p\,A} - E_{p\,B}) = E_{p\,B} - E_{p\,A} = q\,(V_B - V_A)$$

O traballo que fai a forza do campo é

$$W_{B\to A} = q\,(V_B - V_A)$$

Calcúlase a distancia do punto B á carga Q:

$$r_{OB}=\sqrt{(2{,}00\ [\text{m}])^2+(2{,}00\ [\text{m}])^2}=2{,}83 \text{ m}$$

Calcúlase o potencial no punto B:

$$V_B=9{,}00\cdot 10^9\ [\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{|-1{,}11\cdot 10^{-7}\ [\text{C}]|}{2{,}83\ [\text{m}]}=-353 \text{ V}$$

O traballo da forza do campo é:

$$W_{B\to A} = q\,(V_B - V_A) = 1{,}60\cdot 10^{-19}\ [\text{C}]\cdot(-353-(-100))\ [\text{V}] = 4{,}05\cdot 10^{-17} \text{ J}$$

Supoñendo que salga de B e chegue a A coa mesma velocidade, o traballo da forza resultante, igual á variación de enerxía cinética, será nulo, e o traballo que hai que facer é o oposto ao da forza do campo:

$$W(\text{exterior}) = W(\text{resultante}) - W(\text{campo}) = 0 - W(\text{campo}) = -W(\text{campo})$$

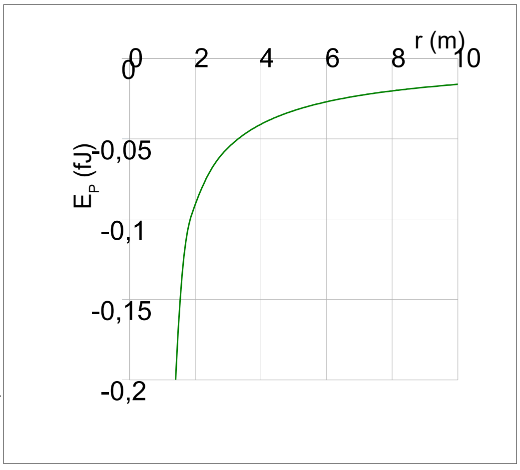
O traballo necesario para levar un protón desde o punto B ao A, supoñendo que chegue a A coa mesma velocidade que tiña en B, é:

$$W(\text{exterior}) = -W(\text{campo}) = 4{,}05\cdot 10^{-17} \text{ J}$$

c) A enerxía potencial de dúas cargas vén dada pola expresión:

$$E_p=q\cdot V=K\frac{Q\cdot q}{r}$$

É inversamente proporcional á distancia entre ambas as cargas. Como as cargas son de signo oposto a enerxía potencial é negativa e aumenta coa distancia ata ser nula a unha distancia infinita.



● Campo uniforme

1. Dúas láminas condutoras con igual carga e signo contrario están colocadas horizontalmente e separadas 5 cm. A intensidade do campo eléctrico no seu interior é $2,5·10^5$ N·C⁻¹. Unha micropinga de aceite cuxa masa é $4,90·10^{-14}$ kg, e con carga negativa, está en equilibrio suspendida nun punto equidistante de ambas as placas.
   a) Razoa cal das dúas láminas está cargada positivamente.
   b) Determina a carga da micropinga.
   c) Calcula a diferenza de potencial entre as láminas condutoras.
   Dato: $g = 9,8$ m·s⁻². *(P.A.U. Set. 15)*
   Rta.: b) $q = 1,92·10^{-18}$ C; c) $\Delta V = 1,25·10^4$ V.

Datos	**_Cifras significativas: 3_**
Intensidade do campo eléctrico	$\lvert\overline{\boldsymbol{E}}\rvert = 2,50·10^5$ N/C
Distancia entre as láminas condutoras	$d = 5,00$ cm $= 0,0500$ m
Masa da micropinga	$m = 4,90·10^{-14}$ kg
Valor do campo gravitacional terrestre	$g = 9,80$ m/s²
Incógnitas	
Carga da micropinga	q
Diferenza de potencial entre as láminas condutoras	ΔV
Ecuacións	
Forza sobre unha carga puntual q nun campo electrostático uniforme $\overline{\boldsymbol{E}}$	$\overline{\boldsymbol{F}}_E = q \cdot \overline{\boldsymbol{E}}$
Valor da forza peso	$P = m \cdot g$
Diferencia de potencial nun campo eléctrico constante	$\Delta V = \lvert\overline{\boldsymbol{E}}\rvert \cdot d$

Solución:

a, b) Peso:

$$P = m \cdot g = 4,90·10^{-14}\ [\text{kg}] \cdot 9,80\ [\text{m·s}^{-2}] = 4,80·10^{-13}\ \text{N}$$

Cando a micropinga alcanza o equilibrio, a forza eléctrica equilibra á forza peso.

$$F_E = q \cdot E = 4,80·10^{-13}\ \text{N}$$

Carga eléctrica:

$$q = \frac{F_E}{E} = \frac{4,80 \cdot 10^{-13}\ [\text{N/C}]}{2,5 \cdot 10^5\ [\text{N}]} = 1,92 \cdot 10^{-18}\ \text{C}$$

Análise: A carga eléctrica da micropinga é só lixeiramente maior que a do electrón. Corresponde á de $1,92·10^{-18}$ C / $1,6·10^{-19}$ C = 12 *electróns. Este resultado parece razoable.*
A forza eléctrica está dirixida cara arriba, en sentido contrario ao peso. Como a carga da micropinga é negativa, o campo eléctrico debe estar dirixido cara abaixo: a lámina superior é a positiva e a inferior a negativa.

c) A diferenza de potencial vale:

$$\Delta V = \lvert\overline{\boldsymbol{E}}\rvert \cdot d = 2,50·10^5\ [\text{N/C}] \cdot 0,0500\ [\text{m}] = 1,25·10^4\ \text{V}$$

A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo FisicaBachGl.ods
Cando estea no índice, manteña pulsada a tecla «⇑» (maiúsculas) mentres fai clic na cela
Partícula cargada movéndose nun campo eléctrico uniforme
del capítulo

Electromagnetismo	Parabolico	Partícula cargada movéndose nun campo eléctrico uniforme

Faga clic nas celas de cor salmón e elixa as opcións como se mostra. Escriba os datos nas celas de cor branca e bordo azul.

Intensidade de campo eléctrico	E =	$2{,}5\cdot10^5$	N/C	Sentido	↓
Distancia entre as placas	d =	5	cm		
Lonxitude del campo eléctrico	L =		cm		
Partícula Carga	q =				
Masa	m =	$4{,}90\cdot10^{-14}$	kg		
Velocidade Módulo	$\|v_0\|$ =		m/s		
Dirección	φ =				
Altura do punto de entrada	h_0 =		cm		
Desprazamento vertical	Δy =	0	cm		
Aceleración da gravidade	g =	9,8	m/s²		

Os resultados son:

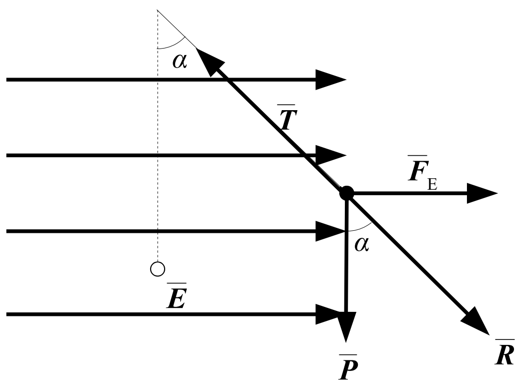
b)	Carga (12 e)	q =	$-1{,}92\cdot10^{-18}$ C
c)	ΔV placas	ΔV =	$1{,}25\cdot10^4$ V

2. Unha esfera pequena, de masa 2 g e carga +3 μC, colga dun fío de 6 cm de lonxitude entre dúas placas metálicas verticais e paralelas separadas entre si unha distancia de 12 cm. As placas posúen cargas iguais pero de signo contrario. Calcula:
   a) O campo eléctrico entre as placas para que o fío forme un ángulo de 45° coa vertical.
   b) A tensión do fío nese momento.
   c) Se as placas se descargan, cal será a velocidade da esfera ao pasar pola vertical?
   Dato: $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. *(A.B.A.U. Xuño 17)*
   Rta.: a) $E = 6{,}54\cdot10^3$ N/C; b) $T = R = 0{,}0277$ N; c) $v = 0{,}587$ m/s.

Datos	***Cifras significativas: 3***
Masa da esfera	$m = 2{,}00\text{ g} = 2{,}00\cdot10^{-3}$ kg
Carga da esfera	$q = 3{,}00\ \mu\text{C} = 3{,}00\cdot10^{-6}$ C
Lonxitude do fío	$L = 6{,}00\text{ cm} = 0{,}0600$ m
Ángulo que forma o fío coa vertical	$\alpha = 45°$
Valor do campo gravitatorio terrestre	$g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$
Incógnitas	
Valor do campo eléctrico	E
Tensión do fío	T
Velocidade da esfera ao pasar pola vertical	v
Ecuacións	
Forza sobre unha carga puntual q nun campo electrostático uniforme $\overline{\boldsymbol{E}}$	$\overline{\boldsymbol{F}}_E = q\cdot\overline{\boldsymbol{E}}$
Valor da forza peso	$P = m\cdot g$
Enerxía potencial da forza peso	$E_p = m\cdot g\cdot h$
Enerxía cinética	$E_c = ½\ m\cdot v^2$

Solución:

a) Debúxase un esquema de forzas:



Cando a esfera alcanza o equilibrio, a tensión equilibra á resultante das forzas peso e eléctrica.

Calcúlase a forza peso:

$$P = m\cdot g = 2{,}00\cdot10^{-3}\ [\text{kg}]\cdot 9{,}81\ [\text{m}\cdot\text{s}^{-2}] = 0{,}0196\ \text{N}$$

Como o ángulo entre a resultante e a vertical é de 45° e tan 45° = 1,00, a forza eléctrica vale o mesmo que o peso:

$$F_E = P = 0{,}0196\ \text{N}$$

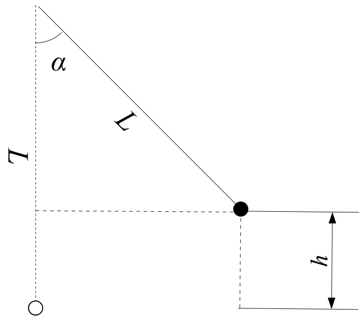
Calcúlase o campo eléctrico:

Como son perpendiculares, a forza $E=\frac{F_E}{q}=\frac{0{,}0196\ [\text{N}]}{3{,}00\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]}=6{,}54\cdot 10^3\ \text{N/C}$ resultante vale:

$$|\vec{\boldsymbol{R}}|=\sqrt{(0{,}0196[\text{N}])^2+(0{,}0196[\text{N}])^2}=0{,}0277\ \text{N}$$

b) O valor da tensión é o mesmo que o da forza resultante:

$$T = R = 0{,}0277\ \text{N}$$



c) Ao descargarse as láminas só actúa a forza peso, que é unha forza conservativa. A enerxía mecánica consérvase entra a posición inicial e o punto máis baixo da traxectoria.
A altura do punto de equilibrio respecto do punto máis baixo pode calcularse do triángulo:

$$h = L - L \cos \alpha = L\,(1 - \cos \alpha) = 0{,}0600\ [\text{m}]\ (1 - \cos 45°) = 0{,}0176\ \text{m}$$

A enerxía potencial do peso no punto de partida é:

$$E_\text{p} = m \cdot g \cdot h = 2{,}00·10^{-3}\ [\text{kg}] \cdot 9{,}81\ [\text{m·s}^{-2}] \cdot 0{,}00240\ [\text{m}] = 3{,}45·10^{-4}\ \text{J}$$

Como a enerxía cinética é nula nese punto, a enerxía mecánica valerá o mesmo.

$$E = E_\text{p} = 3{,}45·10^{-4}\ \text{J}$$

No punto máis baixo a enerxía mecánica é a mesma, e como non hai enerxía potencial, ese será o valor da enerxía cinética. Por tanto, a velocidade valerá:

$$v=\sqrt{\frac{2 E_\text{c}}{m}}=\sqrt{\frac{2\cdot 3{,}45\cdot 10^{-4}[\text{J}]}{2{,}00\cdot 10^{-3}[\text{kg}]}}=0{,}587\ \text{m/s}$$

A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo FisicaBachGl.ods
Cando estea no índice, manteña pulsada a tecla «⇑» (maiúsculas) mentres fai clic na cela
Péndulo en campo eléctrico
do capítulo

Electromagnetismo	Pendulo_Elec	Péndulo en campo eléctrico

Faga clic nas celas de cor salmón e elixa as opcións como se mostra. Escriba os datos nas celas de cor branca e bordo azul.

Sentido do campo eléctrico	→		
Intensidade de campo eléctrico	E =		N/C
Distancia entre placas	d =	12	cm
Masa oscilante	m =	2	g
Carga	q =	3	μC
Lonxitude do fío	L =	6	cm
Ángulo	φ =	45	°
Aceleración da gravidade	g =	9,81	m/s²

Os resultados son:

a)	Campo eléctrico	E =	$6{,}54·10^3$ N/C
	Diferencia de potencial	ΔV =	785 V
b)	Tensión do fío	T =	0,0277 N
c)	Velocidade máxima	v =	0,587 m/s

● Esferas

1. Unha esfera condutora de raio 4 cm ten unha carga de +8 µC en equilibrio electrostático. Calcula canto valen en puntos que distan 0, 2 e 6 cm do centro da esfera:
   a) O módulo da intensidade do campo electrostático.
   b) O potencial electrostático.
   c) Representa as magnitudes anteriores en función da distancia ao centro da esfera.
   DATO: $K = 9·10^9$ N·m²·C⁻² *(A.B.A.U. Xuño 18)*
   Rta.: a) $|\overline{E}_1| = |\overline{E}_2| = 0$; $|\overline{E}_3| = 2,00·10^7$ N/C; b) $V_1 = V_2 = 1,80·10^6$ V; $V_3 = 1,20·10^6$ V

Datos		**Cifras significativas: 3**
Carga da esfera		$Q = 8,00$ µC $= 8,00·10^{-6}$ C
Radio da esfera		$R = 4,00$ cm $= 0,0400$ m
Distancias ao centro da esfera:	punto interior 1	$r_1 = 0$ cm $= 0$ m
	punto interior 2	$r_2 = 2,00$ cm $= 0,0200$ m
	punto exterior	$r_3 = 6,00$ cm $= 0,0600$ m
Constante eléctrica		$K = 9,00·10^9$ N·m²·C⁻²
Incógnitas		
Intensidade do campo electrostático nos puntos 1, 2 e 3		$\overline{E}_1, \overline{E}_2, \overline{E}_3$
Potencial electrostático nos puntos 1, 2 e 3		V_1, V_2, V_3
Ecuacións		
Intensidade do campo electrostático nun punto creado por unha carga puntual Q situada a unha distancia r		$\vec{E}=K\frac{Q}{r^2}\vec{u}_r$
Potencial electrostático nun punto creado por unha carga puntual Q situada a unha distancia r		$V=K\frac{Q}{r}$

Solución:

a) A intensidade de campo electrostático en o puntos 1 e 2, que se atopan no interior a 0 e 2 cm do centro da esfera, é nulo porque o condutor atópase en equilibrio e todas as cargas atópanse na superficie da esfera. A potencial electrostático en o puntos 1 e 2 é o mesmo que na superficie da esfera:

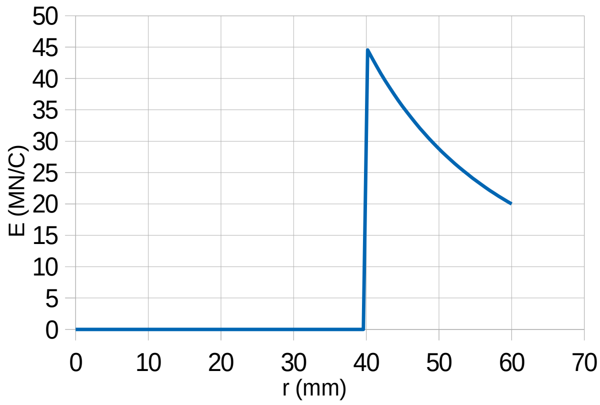
$$V_1=V_2=9,00\cdot 10^9\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{8,00\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]}{(0,0400\ [\text{m}])}=1,80\cdot 10^6\ \text{V}$$

b) O módulo da intensidade de campo electrostático no punto 3 a 6 cm do centro da esfera é o mesmo que se a carga fose puntual

$$|\vec{E}_3|=9,00\cdot 10^9\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{8,00\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]}{(0,0600\ [\text{m}])^2}=2,00\cdot 10^7\ \text{N/C}$$

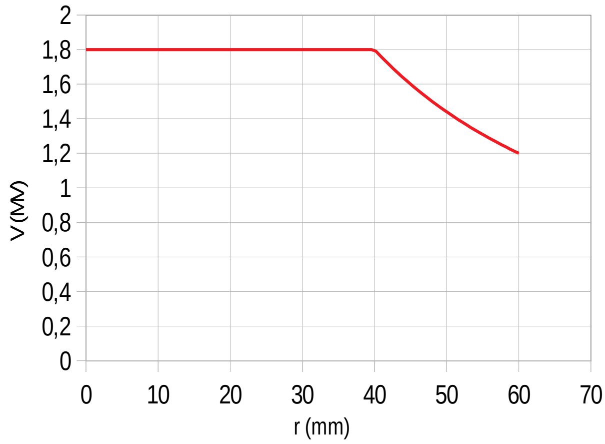
A potencial electrostático no punto 3 é o mesmo que se a carga fose puntual

$$V_3=9,00\cdot 10^9\ [\text{N·m}^2\cdot\text{C}^{-2}]\frac{8,00\cdot 10^{-6}\ [\text{C}]}{(0,0600\ [\text{m}])}=1,20\cdot 10^6\ \text{V}$$



c) A gráfica da variación da intensidade do campo electrostático dá un valor 0 para distancias inferiores ao raio da esfera, faise máxima para o raio e diminúe inversamente proporcional ao cadrado da distancia ao centro da esfera.

A gráfica da variación do potencial electrostático da unha valor constante para distancias inferiores ao raio da esfera e diminúe inversamente proporcional á distancia ao centro da esfera.



A maior parte das respostas pode calcularse coa folla de cálculo FisicaBachGl.ods
Cando estea no índice, manteña pulsada a tecla «⇑» (maiúsculas) mentres fai clic na cela
Esferas concéntricas
do capítulo

Electromagnetismo	Esferas	Esferas concéntricas

Faga clic nas celas de cor salmón e elixa as opcións como se mostra. Escriba os datos nas celas de cor branca e bordo azul.

Constante	K =	9,00·10⁹	N·m²/C²	ε' =	1
Esfera		Interior	Exterior		
Carga da esfera	Q =		8		µC
Radio da esfera	R =		4		cm
Distancia	r =	0	2	6	cm
ao centro do punto		A	B	C	

Os resultados son:

	Punto	A	B	C
a)	Campo	0	0	$2{,}00\cdot10^{7}$ N/C
b)	Potencial	$1{,}80\cdot10^{6}$	$1{,}80\cdot10^{6}$	$1{,}20\cdot10^{6}$ V

Cuestións e problemas das Probas de avaliación do Bacharelato para o acceso á Universidade (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.
Respostas e composición de Alfonso J. Barbadillo Marán.
Algúns cálculos fixéronse cunha folla de cálculo de LibreOffice ou OpenOffice do mesmo autor.
Algunhas ecuacións e as fórmulas orgánicas construíronse coa extensión CLC09 de Charles Lalanne-Cassou.
A tradución ao/desde o galego realizouse coa axuda de traducindote, de Óscar Hermida López.
Procurouse seguir as recomendacións do *Centro Español de Metrología* (CEM)

Actualizado: 11/10/22

Sumario

CAMPO ELECTROSTÁTICO

Método e recomendacións