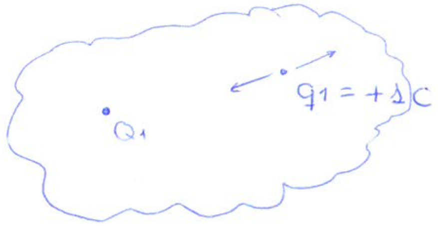
3. Campo eléctrico

Todo cuerpo cargado eléctricamente perturba el espacio que le rodea creando un campo eléctrico. Es la región del espacio que rodea a un cuerpo cargado en el que se manifiestan fuerzas eléctricas sobre cualquier otro cuerpo cargado.

Para caracterizar el campo eléctrico se define por el vector intensidad de campo eléctrico $\vec{E}$ creado por una carga eléctrica Q en un punto representa la fuerza que actuaría sobre la unidad de carga ⊕



$$\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_2}}$$

$\vec{E}$: vector campo eléctrico ideal; $\vec{F}$: Fuerza sobre carga Q_2; Q_2: valor carga

No relaciona el valor de intensidad de campo eléctrico con el valor de la carga que crea el campo.

Valor del campo eléctrico en función de la carga creadora del campo Q_1:

$$\boxed{F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \qquad E = K \cdot \frac{|Q_1|}{r^2} \qquad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_2}\ N/C}$$

Q_1: crea campo; Q_2: ponemos para ver si hay campo eléctrico; $|Q_1|$: ⊕ positivo; $\vec{E}$, $\vec{F}$: vector (signos); Q_2: carga que ponemos, no crea el campo

Campo eléctrico resultante = suma vectorial

$\vec{E} = 3\vec{i} - 2\vec{j}$

$Q_2 = 5C$, $\vec{F_2} = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 5$

*El vector se alejará de la carga creadora del campo si ésta es ⊕

Valores que afectan:
- carga Q que lo crea
- distancia r al punto considerado
- medio

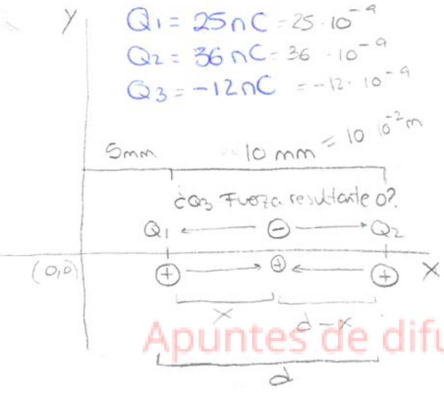
n −9
μ −6
m −3

Ejercicio ~~X mal~~

$x = \begin{cases} -0'05\,m \\ 0'0454\,m \end{cases}$ Solución

(*) ¿Dónde pongo Q_3 para que fuerza resultante entre ellas sea nula? ¿En qué puntos el campo eléctrico es 0? (*) Para que 2 vectores se anulen deben tener misma dirección y diferente sentido. Fuerza Q_3 sobre eje x

$Q_1 = 25\,nC = 25 \cdot 10^{-9}$
$Q_2 = 36\,nC = 36 \cdot 10^{-9}$
$Q_3 = -12\,nC = -12 \cdot 10^{-9}$



$$\cancel{K} \cdot \frac{Q_1 \cdot \cancel{Q_3}}{x^2} = \cancel{K} \cdot \frac{Q_2 \cdot \cancel{Q_3}}{(d-x)^2} \qquad \frac{25 \cdot 10^{-9}}{x^2} = \frac{36 \cdot 10^{-9}}{(10 \cdot 10^{-3} - x)^2}$$

$$\boxed{\frac{Q_1}{x^2} = \frac{Q_2}{(d-x)^2}}$$

$2'5 \cdot 10^{-13} - 25 \cdot 10^{-9} x^2 = 36 \cdot 10^{-9} x^2$

$2'5 \cdot 10^{-13} = 6'1 \cdot 10^{-8} x^2$

$x = \sqrt{\frac{2'5 \cdot 10^{-13}}{6'1 \cdot 10^{-8}}} = 2'02 \cdot 10^{10}$

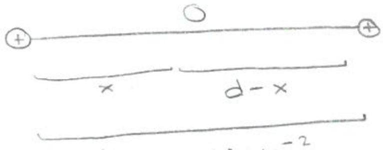
$\boxed{MAL}$

$Q_1 = 25nC = 25\cdot10^{-9}$

$Q_2 = 36nC = 36\cdot10^{-9}$

~~$Q_3 = -12nC = 12$~~

¿Fuerza resultante 0?



$d = 10mm = 1\cdot10^{-2}$

$$\cancel{K}\cdot\frac{Q_1\cdot\cancel{Q_3}}{x^2} = \cancel{K}\cdot\frac{Q_2\cdot\cancel{Q_3}}{(d-x)^2} \rightarrow \frac{Q_1}{x^2} = \frac{Q_2}{(d-x)^2}$$

$$\frac{25\cdot10^{-9}}{x^2} = \frac{36\cdot10^{-9}}{(1\cdot10^{-2}-x)^2} \rightarrow \frac{25\cdot10^{-9}}{x^2} = \frac{36\cdot10^{-9}}{1\cdot10^{-4}-x^2-2\cdot10^{-2}x}$$

$$36\cdot10^{-9}x^2 = 25\cdot10^{13} - 25\cdot10^{-9}x^2 - 5\cdot10^{-10}x$$

$$6'1\cdot10^{-8}x^2 + 5\cdot10^{-10}x - 25\cdot10^{13} = 0$$

$$x = \frac{-5\cdot10^{-10} \pm \sqrt{(5\cdot10^{-10})^2 - 4\cdot(6'1\cdot10^{-8})\cdot(-25\cdot10^{13})}}{2\cdot(6'1\cdot10^{-8})} = \frac{-5\cdot10^{-10} \pm 7810'25}{1'22\cdot10^{-7}} \begin{cases} 6'40\cdot10^{10} \\ -6\ldots \end{cases}$$

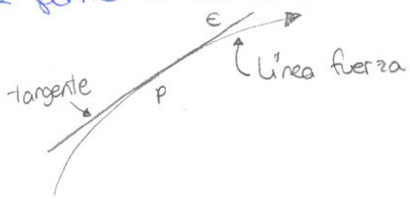
Representación del campo eléctrico

Se usan líneas imaginarias llamadas líneas de fuerza o de campo, representa la trayectoria que seguiría una carga positiva de prueba abandonada libremente en el campo.

Carga de prueba ⊕, las líneas de fuerza salen de los cuerpos cargados positivamente y se dirigen hacia los cuerpos cargados ⊖

Por cada punto del campo sólo puede pasar una línea de fuerza. Líneas muy juntas indicarán que el campo es muy intenso.

El vector campo eléctrico $\vec{E}$ es tangente en cada punto a la línea de campo (o fuerza) que pasa por ese punto.



Energía potencial electrostática

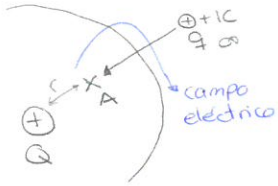
En el campo eléctrico una partícula cargada posee una energía potencial electrostática a consecuencia del trabajo realizado por o contra las fuerzas del campo.

Si queremos llevar carga q desde el infinito hasta el punto A tendremos que realizar un trabajo venciendo las fuerzas de repulsión.

Ese trabajo queda almacenado en la carga q en forma de energía potencial eléctrica.

Potencial eléctrico en un punto

V_A es el trabajo necesario para traer la unidad de carga ⊕ desde el infinito hasta el punto A.



El potencial eléctrico almacenado en la carga q es el cociente entre energía potencial electrostática de una carga de prueba situada en ese punto y la magnitud de dicha carga.

$$\underset{\text{voltios}}{V_A} = \frac{\overset{\text{trabajo}}{W_{\infty \to A}} \text{ Julios}}{q \text{ Culombio}}$$

$W_{\infty \to A}$: trabajo empleado para traer carga q desde ∞ hasta A

q: carga que colocamos en punto A.

$$W = \underset{\text{fuerza}}{\vec{F}} \cdot \underset{\text{desplazamiento}}{\vec{e}}$$

El valor del potencial eléctrico en un punto en función de la carga que crea el campo es:

unidad del potencial eléctrico es el voltio V.

$$\boxed{\underset{\text{voltios}}{V_A} = K \cdot \frac{Q}{d(r)}}$$

CON signo

Q = carga que crea el campo ⊕ o ⊖

d = distancia desde Q hasta punto A.

K = constante eléctrica que depende del medio.

Punto bajo influencia de varias cargas

$$\boxed{V = K \cdot \sum \frac{Q_i}{d_i}}$$ → CON signo

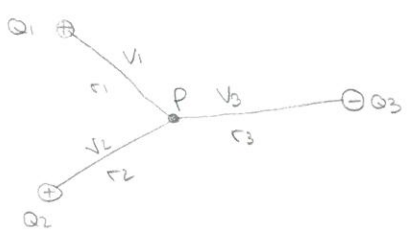
El potencial es la suma algebraica de todos los potenciales debido a cada una de las cargas.

El potencial eléctrico en un punto será de un voltio si hay que realizar el trabajo de 1 julio para transportar una carga de 1C desde el infinito hasta ese punto.

✗ Examen definición

Voltio = potencial que hay en un punto de un campo eléctrico cuando para transportar una carga positiva ⊕ de 1C desde el infinito ∞ hasta ese punto hay que realizar el trabajo de 1 J

* El origen de potenciales está en el infinito.
* Potencial eléctrico es magnitud escalar.
* Cargas ⊕ crean potenciales ⊕; las ⊖ crean potenciales ⊖



$V_1 = 7V$

$V_2 = 2V$

$V_3 = -5V$

$$V_A = K \cdot \frac{Q}{r}$$

$$V_A = V_1 + V_2 + V_3 + V_n$$

Diferencia de potencial

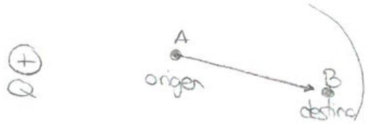
es el cociente entre el trabajo realizado para llevar una carga desde B hasta A y el valor de dicha carga. magnitud escalar (voltios)

$$\boxed{V_A - V_B = \frac{W_{B \to A}}{q} \quad \Rightarrow \quad W_{B \to A} = (V_A - V_B) \cdot q}$$

$V_A - V_B$: diferencia de potencial entre puntos A y B

$W_{B \to A}$: trabajo para llevar carga q desde B hasta A

q : carga que transportamos.



* $V_A = k \cdot \frac{Q}{d}$

Voltio = diferencia de potencial entre 2 puntos de campo eléctrico cuando para trasladar del uno al otro la carga positiva de 1C hay que hacer un trabajo de 1 Julio.

* Dif. potencial entre 2 puntos: $V_B - V_A = k\left(\frac{Q}{d_B} - \frac{Q}{d_A}\right)$

Trabajo en el campo eléctrico

El trabajo para llevar una carga q desde el infinito ∞ a un punto A.

$\boxed{W_{\infty \to A} = q \cdot V_A}$ Será la energía potencial electrostática que tendrá la carga q que esté situada en punto A.

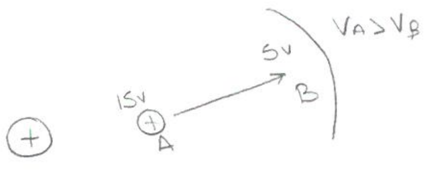
El trabajo para mover carga q desde B hasta A.

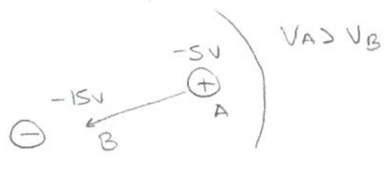
$\boxed{W_{B \to A} = (V_A - V_B) \cdot q}$ El trabajo solo depende del valor de la carga que trasladamos y valores de potenciales de los puntos de origen y destino.

El campo eléctrico es conservativo.

* Trabajo positivo ⊕ se realiza contra fuerzas del campo.
  Trabajo negativo ⊖ es realizado por el campo.

* Cargas positivas ⊕ tienden a moverse de puntos con mayor a menor potencial
  Cargas negativas ⊖ " " menor a mayor potencial.



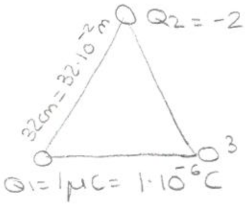


Valor potencial mayor cuanto más cerca de carga está si es ⊕

Valor potencial mayor cuanto más lejos de carga está si es ⊖

15 Dos cargas eléctricas $q_1 = 1\mu C$ y $q_2 = -2\mu C$ están en el vacío y situadas en los vértices de un triángulo equilátero de 32 cm de lado.

a) Calcula el potencial eléctrico en el tercer vértice del triángulo.



$$V = k\cdot\sum\frac{Q_1}{d} \rightarrow V_3 = k\cdot\left(\frac{Q_1}{d}+\frac{Q_2}{d}\right) = 9\cdot10^9\cdot\left(\frac{1\cdot10^{-6}}{32\cdot10^{-2}}+\frac{-2\cdot10^{-6}}{32\cdot10^{-2}}\right) =$$

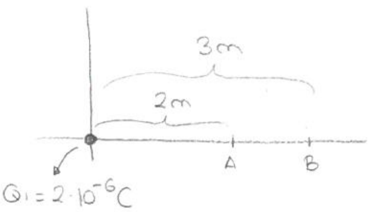
$$= 9\cdot10^9\cdot\frac{-1\cdot10^{-6}}{32\cdot10^{-2}} = \frac{-9}{32}\cdot10^5 = \boxed{-28125\ V}\ \downarrow V_3$$

b) Trabajo a realizar para trasladar una carga $q_3 = -2pC$ desde infinito hasta ese vértice. Indica si el trabajo se realiza por o contra el campo.

$$W_{\infty\to3} = q\cdot V_3 \qquad W_{\infty\to3} = -2\cdot10^{-12}\cdot -28125 = 56\,250\cdot10^{-12} = (+)\ 5'6\cdot10^{-8} J$$

↳ Contra campo

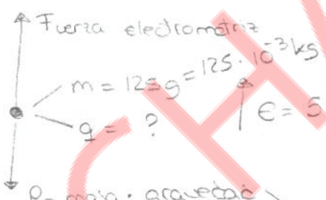
17 Una carga de 2 μC está situada en origen de coordenadas. Calcula diferencia de potencial entre los puntos A(2,0) y B(3,0), sabiendo que las coords. son m.



$$V_B - V_A = k\cdot\left(\frac{Q_1}{d_B}-\frac{Q_1}{d_A}\right) = 9\cdot10^9\left(\frac{2\cdot10^{-6}}{3}-\frac{2\cdot10^{-6}}{2}\right) =$$

$$= 9\cdot10^9\left(\frac{4\cdot10^{-6}-6\cdot10^{-6}}{6}\right) = -3000\ v$$

20 Determina la carga eléctrica de una partícula que tiene de masa 125 g y está en equilibrio en un campo eléctrico uniforme de $(+)5\cdot10^{-6}\frac{N}{C}$ en dirección vertical y dirigido hacia arriba.



$$E = \frac{F}{q} \rightarrow F = E\cdot q$$

en equilibrio (Peso = Fuerza)

$$m\cdot g = E\cdot q \rightarrow q = \frac{m\cdot g}{E}$$

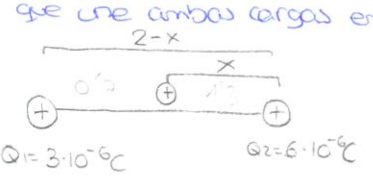
$$q = \frac{125\cdot10^{-3}\cdot9'8}{5\cdot10^{-6}} = 245\cdot10^{3} C\ (+)$$

Positiva porque el campo actúa de forma positiva y deben ser iguales

signo campo = signo E = signo carga (q)

Examen

23 Dos cargas $q_1 = 3\mu C$ y $q_2 = 6\mu C$ separadas 2 m. ¿A qué distancia de q_2 se encuentra el punto del segmento que une ambas cargas en el que el campo eléctrico debido a la acción conjunta de ambas es nulo?



$$\cancel{K}\cdot\frac{Q_1}{(2-x)^2} = \cancel{K}\cdot\frac{Q_2}{(x)^2} \qquad \frac{Q_1}{(2-x)^2} = \frac{Q_2}{(x)^2}$$

$$\frac{3\cdot\cancel{10^{-6}}}{(2-x)^2} = \frac{6\cdot\cancel{10^{-6}}}{(x)^2};\quad 3x^2 = 6\cdot(4+x^2-4x);\ 3x^2 = 24+6x^2-24x;$$

$$3x^2-24x+24;\ x^2-8x+8;\ x = \frac{+8\pm\sqrt{-8^2-4\cdot1\cdot8}}{2\cdot1} = \begin{cases} x \simeq 6'8\,m \\ x \simeq 1'2\,m \end{cases}$$

→ Máximo podría ser 2 m según distancia de las cargas.

27 Determinar carga eléctrica en mC que debe tener partícula de 5g de masa para permanecer en reposo en el seno de un campo eléctrico uniforme de valor $\vec{E} = -350 \cdot \vec{j}\ \frac{N}{C}$

$m = 5g = 5 \cdot 10^{-3} kg$
$q = ?\ (mC)$
$\vec{E} = -350 \vec{j}\ \frac{N}{C}$

$\downarrow \vec{E}\ \ominus 350$

$\downarrow p = \underset{kg}{\text{masa}} \cdot \underset{m/s^2}{\text{gravedad}}$

$E = \frac{F}{q} \quad F = E \cdot q$

$m \cdot g = E \cdot q \Rightarrow q = \frac{m \cdot g}{E}$

$q = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 9'8}{350} = 14 \cdot 10^{-5} \cancel{C} \cdot \frac{10^3 mC}{1 \cancel{C}} = 0'14\, mC\ \ominus$

⊖ negativa porque el campo va hacia abajo con signo negativo

Superficies equipotenciales

Formadas por puntos con mismo valor de potencial eléctrico. Cuando hay una sola carga que crea el campo, las superficies equipotenciales serán esferas.

Propiedades de superficies equipotenciales:

- Todo punto del campo pertenece a una sola superficie equipotencial.
- No pueden cortarse entre sí. (superficies equipotenciales)
- Las líneas de fuerza del campo eléctrico son perpendiculares a superficies equipotenciales.
- Trabajo para mover una carga entre dos puntos de la misma superficie equipotencial será nulo.

Conducción eléctrica

La conducción de electrones produce algún trabajo. Una fuente de alimentación aporta la energía necesaria para mover electrones a través de un camino ininterrumpido.

Para que los electrones se muevan es necesario que haya una diferencia de potencial (fuente alimentación) y que haya camino completo e ininterrumpido.

Conductividad eléctrica (σ): capacidad permitir paso de corriente a través de una sustancia. Facilidad con la que los electrones pueden pasar. Varía con la temperatura.

Resistividad (ρ): capacidad de una sustancia a resistirse / impedir el paso de corriente. Inversa de conductividad $\boxed{\rho = \frac{1}{\sigma}}$

Conducción en Líquidos

Relacionada con presencia de ácidos, sales y/o álcalis disueltos. estas disoluciones se denominan electrolitos o conductores electrolíticos.

Conducción en sólidos

Los electrones se mueven cuando "saltan" a la banda de conducción. La conductividad dependerá de la energía necesaria para mover un electrón desde la banda de valencia hasta la de conducción. energía de GAP (E_G)

En función del tamaño de la banda prohibida hay:

- Aislantes: Banda prohibida muy grande $E_{GAP} = 10eV$
- Semiconductor: Banda prohibida más estrecha. $E_{GAP} = 1eV$
- Conductor: No hay Banda prohibida, Banda conducción y valencia solapadas.

Resistividad mínima en cero absoluto (−273°C) ⊖temperatura ⊖resistividad.

Conducción en Gases

Los gases necesitan ionizarse para conducir. Energía de ionización arranca un electrón de la capa de valencia lo suficientemente lejos.

Pueden ionizarse por impacto de un electrón, sometidos a ondas electromagnéticas o alcanzando una temperatura suficientemente alta.

- Por impacto: e^- choca con átomo con energía mayor que la de ionización. Habrá un e^- libre en movimiento y un catión.
- Fotónica: hay sobre el átomo una onda electromagnética con frecuencia muy alta. Queda un e^- libre y un catión.
- Por temperatura: aumenta temperatura, aumenta vibración de átomos que impactan entre sí liberando electrones.

Conducción en vacío

Los vacíos se comportan normalmente como aislantes perfectos.

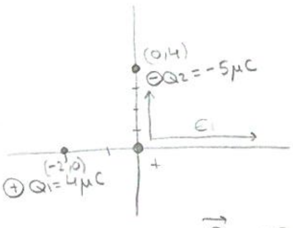
Efecto termoiónico: Región de vacío se convierte en conductora por la inyección de electrones libres.

Dos electrodos: cátodo y ánodo. Filamento = Diodo (2 electrodos)

Conectamos el terminal negativo de batería al cátodo y se calienta, empieza a lanzar electrones al vacío. Si conectamos el ánodo del diodo al positivo atraerá los electrones.

El diodo permite el paso de electrones en un sentido pero no en el contrario.

19 Dos cargas eléctricas $q_1 = 4\mu C$ y $q_2 = -5\mu C$ están en puntos $A(-2,0)$ y $B(0,4)$ dm. Halla intensidad de campo eléctrico en origen de coordenadas $(0,0)$ y vector campo eléctrico



$$\boxed{E = K \cdot \frac{Q}{r^2}}$$

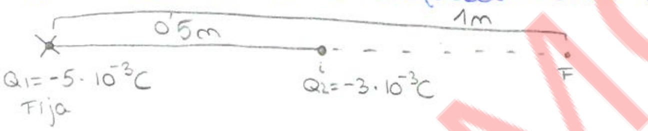
$$E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(2 \cdot 10^{-1})^2} = 9 \cdot 10^5 \ \frac{N}{C}$$

$$E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-5 \cdot 10^{-6}}{(4 \cdot 10^{-1})^2} = \frac{-45}{16} \cdot 10^5 \ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_1 = +E_1 \cdot \vec{i} \qquad \vec{E}_2 = +E_2 \cdot \vec{j}$$

$$\vec{E} = 9 \cdot 10^5 \cdot \vec{i} + 2'81 \cdot \vec{j} \qquad |\vec{E}| = \sqrt{(9 \cdot 10^5)^2 + (2'81 \cdot 10^5)^2} = 9'4 \cdot 10^{15}$$

21 Dos cargas $q_1 = -5mC$ y $q_2 = -3mC$ están separadas en el vacío inicialmente 50cm. La carga q_1 está fija y la otra carga puede moverse resultando al final que la distancia entre ambas cargas es de 1m. Calcular el trabajo realizado por la fuerza eléctrica que q_1 ejerce sobre q_2. ¿Ha intervenido alguna fuerza externa para realizar este desplazamiento?



$$W_{i \to F} = q_2 \cdot \overset{\text{potencial}}{(V_F - V_i)}$$

$$W = -3 \cdot 10^{-3} \cdot (-45 \cdot 10^6 - (-9 \cdot 10^7))$$

$$W = -135 \cdot 10^3 \ J$$

El campo hace el trabajo

$$V_i = k \cdot \frac{Q_1}{d} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-5 \cdot 10^{-3}}{0'5} = -9 \cdot 10^7 \ V$$

$$V_F = k \cdot \frac{Q_1}{d} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{-5 \cdot 10^{-3}}{1} = -45 \cdot 10^6 \ V$$

(*) Punto de coordenadas $(-5,0)$ está situada carga Q_1 con valor $-25\mu C$, en punto $(3,0)$ está la carga Q_2 de valor $+40\mu C$. Sabiendo coordenadas están en mm, calcular:

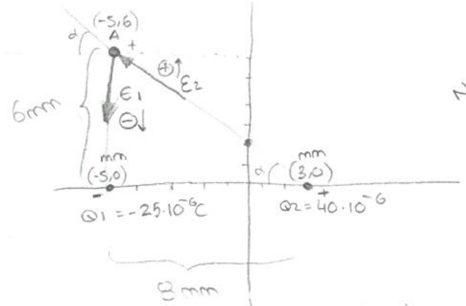
a) Vector campo eléctrico en punto A $(-5,6)$ $\vec{E}_A$ (0'6p)

b) Módulo campo eléctrico en punto A $|\vec{E}_A|$ (0'2p)

c) Valor potencial en el punto A (0'2p) V_A

d) ¿Qué trabajo realiza llevar carga Q_3 de $-30\mu C$ desde punto A hasta el origen de coordenadas? $W(Q_3, A\to O)$ (0'4p)

e) ¿Cuánto tendría que valer Q_2 para que manteniendo Q_1, el campo en el punto A sea paralelo al eje de abscisas?



a) $\boxed{E = k\cdot\frac{Q}{r^2}}$; No signo!

$E_1 = 9\cdot10^9\cdot\frac{25\cdot10^{-6}}{(6\cdot10^{-3})^2} = 6'25\cdot10^9\ N/C$

$h^2=a^2+b^2$; $h=\sqrt{6^2+8^2}=$

$E_2 = 9\cdot10^9\cdot\frac{40\cdot10^{-6}}{(10\cdot10^{-3})^2} = 3'6\cdot10^9\ N/C$

$10\ mm = 10\cdot10^{-3}\ m$

$\vec{E}_1 = -6'25\cdot10^9\,\vec{j}$

$\cos\alpha = \frac{8}{10} = 0'8$

$\operatorname{sen}\alpha = \frac{6}{10} = 0'6$

añado signos direcciones x e y $\rightarrow$ $\vec{E}_2 = -3'6\cdot10^9\cdot0'8\,\vec{i} + 3'6\cdot10^9\cdot0'6\,\vec{j} = -2'88\cdot10^9\,\vec{i} + 2'16\cdot10^9\,\vec{j}$ (N/c)

$\vec{E}_A = -2'88\cdot10^9\,\vec{i} + (-6'25\cdot10^9 + 2'16\cdot10^9)\,\vec{j} = \boxed{-2'88\cdot10^9\,\vec{i} - 4'09\cdot10^9\,\vec{j}\ (N/C)}$

b) $|\vec{E}_A| = \sqrt{(-2'88\cdot10^9)^2 + (-4'09\cdot10^9)^2} = \boxed{5'00225\cdot10^9\ N/C}$

c) $\boxed{V = k\cdot\frac{Q}{r}}$ $V_A = 9\cdot10^9\cdot\left(\frac{-25\cdot10^{-6}}{6\cdot10^{-3}} + \frac{40\cdot10^{-6}}{10\cdot10^{-3}}\right) = \boxed{-1'5\cdot10^6\ V}$

signo! $\boxed{V = k\cdot\Sigma\frac{Q}{r}}$

d) $W(Q_3, A\to O) = \overset{\text{signo}}{Q_3}\cdot(V_O - V_A) = -30\cdot10^{-6}\cdot(7'5\cdot10^7 - (-1'5\cdot10^6)) = -2295\ J$

la fuerza la hace el campo

$V_O = 9\cdot10^9\cdot\left(\frac{-25\cdot10^{-6}}{5\cdot10^{-3}} + \frac{40\cdot10^{-6}}{3\cdot10^{-3}}\right) = 7'5\cdot10^7\ V$

e)