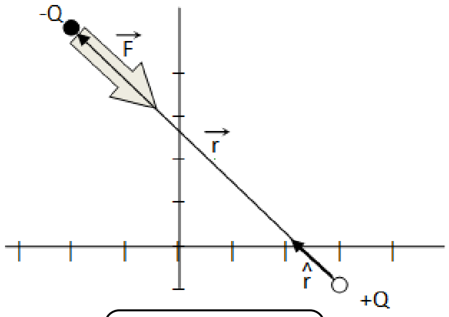
CAMPO ELÉCTRICO

Una o más cargas eléctricas crean en su alrededor un campo eléctrico.

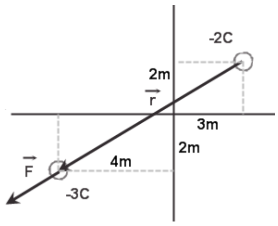
FUERZA DE ATRACCIÓN O REPULSIÓN ENTRE DOS CARGAS, Q Y Q'

Ley de Coulomb



$$\boxed{\vec{F} = k \cdot \frac{Q \cdot Q'}{r^2} \cdot \hat{r}}$$

Ejercicio: Calcula la **fuerza** que ejerce la carga de -2 C sobre la carga de -3 C
k= $9\cdot10^9$ N·m^2/C^2



$$\vec{F} = 9\cdot10^9\cdot\frac{(-2)(-3)}{\left(\sqrt{7^2+4^2}\right)^2}\cdot\frac{(-7\hat{i}-4\hat{j})}{\sqrt{7^2+4^2}} = \left(-7{,}2\cdot10^8\,\hat{i} - 4{,}1\cdot10^8\hat{j}\right)N$$

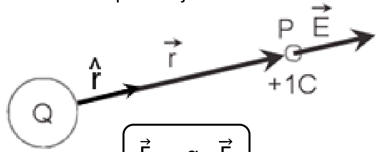
OJO: $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$

INTENSIDAD DE CAMPO, $\vec{E}$, EN UN PUNTO "P"

Intensidad de campo, E, creado por una carga Q en un punto: Fuerza ejercida por Q sobre un imaginario culombio positivo, +1C, situado en ese punto, P.

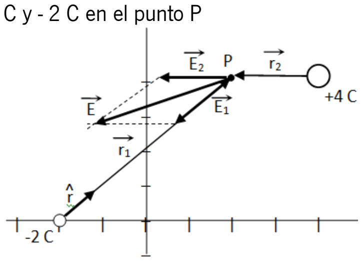
$$\boxed{\vec{E} = k \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \hat{r} \quad (N/C)}$$

Si tenemos una carga Q que crea un campo eléctrico a su alrededor y nos piden la intensidad de campo o, simplemente, el campo eléctrico, en un punto tengo que imaginar +1 C en ese punto y $\vec{E}$ será la fuerza que se ejerce sobre él.



$$\boxed{\vec{F} = q \cdot \vec{E}}$$

Ejercicio: Calcula **la intensidad de campo eléctrico**, $\vec{E}$, ejercida por dos cargas de +4 C y - 2 C en el punto P



Para calcular la intensidad de campo eléctrico que crea una carga Q en un punto se utiliza la expresión:

$$\vec{E} = k\cdot\frac{Q}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{E} = \vec{E_1}+\vec{E_2} = 9\cdot10^9\cdot\frac{(-2)}{\left(\sqrt{4^2+4^2}\right)^2}\cdot\frac{(4\hat{i}+4\hat{j})}{\sqrt{4^2+4^2}} + \left(9\cdot10^9\cdot\frac{4}{2^2}\cdot\frac{(-2\hat{i})}{2}\right)$$

$$\vec{E} = -9{,}4\cdot10^9\hat{i} - 3{,}98\cdot10^8\hat{j} \quad N/C$$

POTENCIAL, V, EN UN PUNTO "P"

Potencial en un punto: Trabajo externo necesario para llevar una carga de +1C desde el infinito a un punto P.

$$\boxed{V = k\cdot\frac{Q}{r}} \qquad \text{(Voltios)}$$

Ejercicio: ¿Qué **potencial** crean las cargas del ejercicio anterior en el punto del origen de coordenadas?

$V=V_1+V_2$

$$V = 9\cdot10^9\frac{4}{\sqrt{4^2+4^2}} + 9\cdot10^9\frac{(-2)}{2} = -1{,}22\cdot10^{10} \text{ voltios}$$

Ep, ENERGÍA POTENCIAL DE UNA CARGA "q"

Trabajo externo necesario para llevar a "q" desde el infinito al punto donde se encuentra.

$$Ep = k\cdot\frac{Q\cdot q}{r}$$

$$Ep = q\cdot V$$

$$Ep_{final}-Ep_{inicial}=q\cdot(V_{final}-V_{inicial}) \rightarrow \Delta Ep = q\cdot\Delta V$$

Ejercicio: ¿Qué **energía potencial** posee la carga de +4 C del ejercicio anterior?

$$Ep = 9\cdot10^9\frac{(-2)\cdot4}{\sqrt{6^2+4^2}} = -9{,}98\cdot10^9 \text{ J}$$

Nota: Es la misma energía potencial que posee la carga de -2 C
¿Qué trabajo debemos realizar para desplazarla hasta el origen de coordenadas?

$W_{total}=\Delta Ec=0=-\Delta Ep+W_{FNC}$

$$W_{FNC} = \Delta Ep = 9\cdot10^9\frac{-2\cdot4}{2} - 9\cdot10^9\frac{-2\cdot4}{\sqrt{6^2+4^2}} = -2{,}6\cdot10^{10} \text{ Julios}$$

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

$$\boxed{W_{TOTAL} = W_{Fuerzas\ Conservativas} + W_{Fuerzas\ NO\ Conservativas}}$$

$$\boxed{\begin{array}{c} W_{TOTAL} = \Delta Ec \\ W_{Fuerzas\ Conservativas} = -\Delta Ep \end{array}}$$

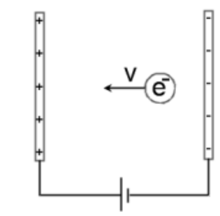
Por lo tanto:

$$\boxed{\Delta Ec = -\Delta Ep + W_{FNC}}$$

El campo eléctrico es un campo conservativo.
Cuando dicen "calcula el trabajo que se debe realizar" están pidiendo el trabajo de mi mano, un motor, etc que son fuerzas no conservativas.

Trabajo realizado por el campo= W_{FC} = - ΔEp

Ejemplo: Un electrón se acelera desde el reposo con dos placas conectadas a una diferencia de potencial de 12000 voltios. Si la distancia entre las placas es de 10 cm, ¿qué velocidad adquiere el electrón?



$$\Delta Ec = -\Delta Ep + W_{FNC}$$

Aquí no hay nadie que empuje, motores, etc por lo que W_{FNC}=0

$$\Delta Ec = -\Delta Ep;\ \frac{1}{2}m\cdot v^2 = -(q\cdot\Delta V)$$

½·9,1·10^{-31}·v^2=-(-1,6·10^{-19}·12000);
v=6,5·10^7 m/s

(la distancia entre placas no influye)

Ejemplo: Los puntos 1 y 2 poseen potenciales de 4 y 7 V respectivamente. Si colocamos una carga de -2C en el punto 1, ¿qué pasará?
Solución: Si se desplazara de 1→2: ΔEc=-ΔEp; ΔEc=-q·ΔV; ΔEc=2·(7-4); ΔEc=6 J Luego, se desplazaría hacia el punto 2.
El campo realizaría un trabajo: W_{FC}=-ΔEp=-q·ΔV=2·(7-4)=6 J

FLUJO ELÉCTRICO

$$\boxed{\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S}}$$

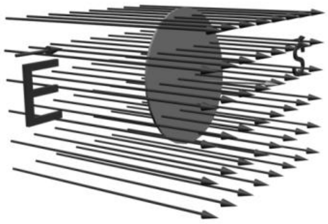
Desarrollando el producto escalar:

$$\boxed{\Phi = E \cdot S \cdot \cos\alpha}$$

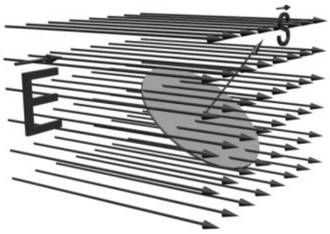
Recuerda por si acaso: Área círculo = $\pi \cdot R^2$

El flujo eléctrico viene a ser (aunque no exactamente) el número de líneas de campo que atraviesan una superficie imaginaria.

Recuerda: El vector superficie es siempre PERPENDICULAR a esa superficie.



Aquí el flujo es máximo ya que la superficie es atravesada por el mayor número de líneas de campo.

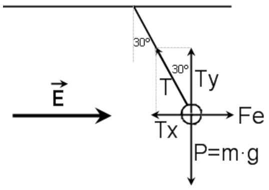


Aquí el flujo es algo menor ya que podemos observar que existen menos líneas de campo atravesando la superficie circular.

Ejemplo: En una región hay un campo eléctrico igual a $\vec{E} = \left(10^3\hat{\imath} + 2 \cdot 10^3\hat{\jmath}\right)$ N/C. Determina el flujo del campo a través de una superficie cerrada cuyo vector superficie es $\vec{S} = (0{,}5\hat{\imath} + 0{,}2\hat{\jmath})\ \text{m}^2$

$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S}$$
$$\Phi = \left(10^3\hat{\imath} + 2 \cdot 10^3\hat{\jmath}\right) \cdot (0{,}5\hat{\imath} + 0{,}2\hat{\jmath});$$
$$\Phi = 10^3 \cdot 0{,}5 + \ 2 \cdot 10^3 \cdot 0{,}2 = 900\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{m}^2$$

Ejercicio: Una esfera metálica de 24 g de masa colgada de un hilo muy fino de masa despreciable, se encuentra en una región del espacio donde existe un campo eléctrico uniforme y horizontal. Al cargar la esfera con $6{\cdot}10^{-3}$ C, sufre una fuerza debida al campo eléctrico que hace que el hilo forme un ángulo de 30° con la vertical. (i) Represente gráficamente esta situación y haga un diagrama que muestre todas las fuerzas que actúan sobre la esfera; (ii) calcule el valor del campo eléctrico y la tensión del hilo. g = 9,8 m s^{-2}

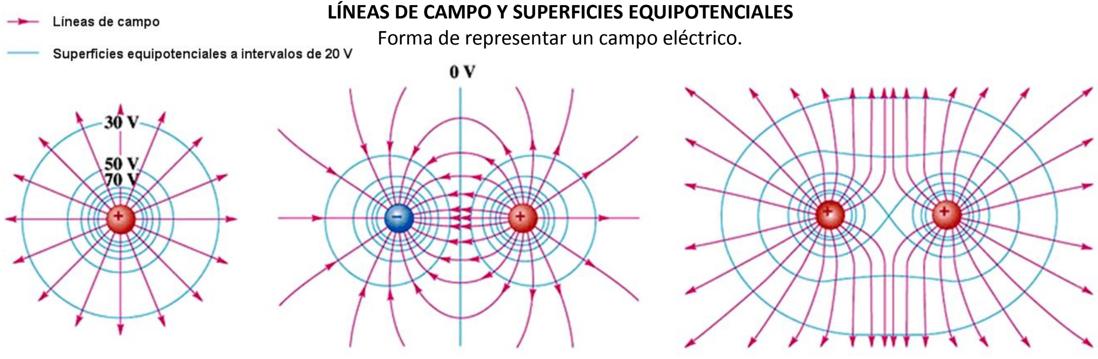


Ty = P $\quad\rightarrow\quad$ T · cos 30 = m·g

Tx = Fe $\qquad\qquad$ T · sen 30 = $6{\cdot}10^{-3}{\cdot}$E

LÍNEAS DE CAMPO Y SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Forma de representar un campo eléctrico.



Cargas negativas: Sumideros

Cargas positivas: Fuentes

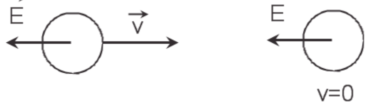
(a) Carga positiva (b) Dipolo eléctrico (c) Dos cargas positivas iguales

1. En las zonas donde las **líneas de campo** (representadas por flechas) están **próximas $\vec{E}$ es mayor**.
2. En cualquier punto de una línea de campo **el vector $\vec{E}$ es tangente a esa línea** de campo.
3. Las líneas de campo **no se cortan ni se cruzan**.
4. Todos los puntos de una superficie equipotencial tienen el mismo potencial, V.
5. **Las líneas de campo son normales a las superficies equipotenciales**.
6. Si una carga se desplaza de un punto a otro con igual potencial entonces el campo eléctrico no realiza trabajo alguno ya que:

$$-\Delta Ep = -\ q \cdot \Delta V = -\ q \cdot 0 = 0$$

Ejercicio: Una partícula positiva se desplaza en sentido contrario al vector E.

¿Se desplazará la partícula hacia donde aumente o disminuya su energía potencial?



Δ Ec < 0

Por lo tanto $-\Delta$Ep < 0

O lo que es lo mismo: ΔEp > 0

O sea, se desplazará hacia donde tiene una mayor energía potencial.

Ejercicio: Considere un campo eléctrico en una región del espacio. El potencial electrostático en dos puntos A y B (que se encuentran en la misma línea de campo) es VA y VB, cumpliéndose que VA > VB. Se deja libre una carga Q en el punto medio del segmento AB. Razone cómo es el movimiento de la carga en función de su signo.

Ejercicio: Una partícula cargada positivamente se mueve en la misma dirección y sentido de un campo eléctrico uniforme.

Responda razonadamente a las siguientes cuestiones: (i) ¿Se detendrá la partícula?; (ii) ¿se desplazará la partícula hacia donde aumenta su energía potencial?

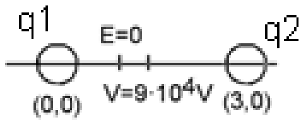
<u>Solución</u>: (i) No se detendrá ya que $\vec{E}$ tiene el mismo sentido que movimiento. La carga positiva aumentará su velocidad por estar acelerada

(ii) Como ΔEc = - ΔEp y la partícula va acelerando ΔEc>0 luego ΔEp < 0 por lo que la particula se desplaza hacia donde tiene una Ep menor.

Ejercicio: Dos cargas positivas q_1 y q_2 se encuentran situadas en los puntos (0,0) m y (3,0) m respectivamente. Sabiendo que el campo eléctrico es nulo en el punto (1,0) m y que el potencial electrostático en el punto intermedio entre ambas vale $9{\cdot}10^4$ V, determine los valores de dichas cargas.

K = $9{\cdot}10^9$ N m^2 C^{-2}

<u>Solución</u>:



$$(1)\quad k \cdot \frac{q1}{1^2}\hat{\imath} + k \cdot \frac{q2}{2^2}(-\hat{\imath}) = 0 \qquad (2)\ \ k \cdot \frac{q1}{1} + k \cdot \frac{q2}{2} = 9 \cdot 10^4$$
$$q1 = 3{,}33 \cdot 10^{-6}\text{C};\ \ q2 = 1{,}33 \cdot 10^{-5}\text{C}$$