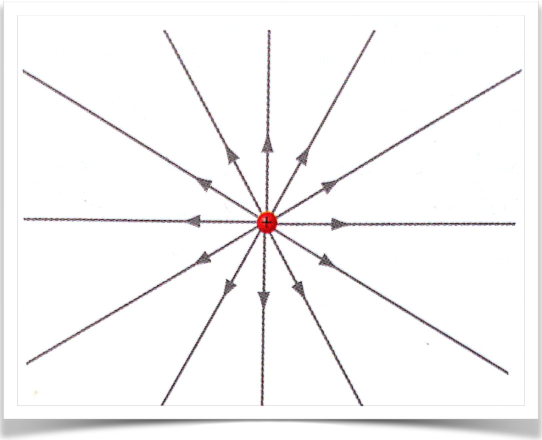
T.4. CAMPO ELECTROSTÁTICO



1. Vector intensidad de campo eléctrico

Consideramos el campo eléctrico como la perturbación que un cuerpo produce en el espacio que lo rodea por el hecho de tener carga. La interacción electrostática es aquella que se ejerce entre cargas en reposo. Normalmente se identifica el campo eléctrico con el vector intensidad de campo eléctrico.

El campo eléctrico generado por una carga Q a una distancia r viene dado por la siguiente expresión:

$$\boxed{\overrightarrow{\boldsymbol{E(r)}} = \boldsymbol{K}\frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{r^2}}\overrightarrow{\boldsymbol{U_r}}}$$

Donde K es la permitividad del medio. En el vacío $k = 9 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ y r es la distancia desde la carga al punto donde queremos calcular el campo.

Esta magnitud física tiene unidades de aceleración o de fuerza por unidad de carga:

$$\left[\overrightarrow{E(r)}\right] = \frac{N}{C} = \frac{V}{m}$$

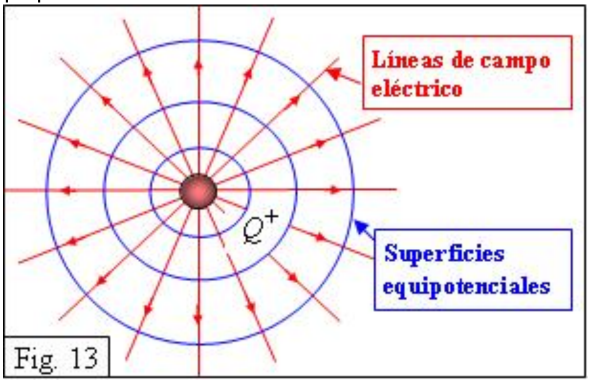
El vector intensidad de campo generado por una carga tiene las siguientes características:

-Es una **magnitud vectorial radial.** $\overrightarrow{U_r}$ es siempre un vector unitario que tiene la dirección de la recta que une Q con el punto donde calculamos el campo. El sentido es hacia el exterior de la carga si esta es positiva y apuntando hacia ella si la carga es negativa.

-Su **valor varía con el inverso del cuadrado de la distancia**.

-Si **Q>0 las líneas de campo salen de la carga. Si Q<0el campo eléctrico apunta hacia la carga**.

Si quisiéramos representar el campo eléctrico generado por una carga puntual positiva con sus líneas de campo y líneas equipotenciales obtendríamos:

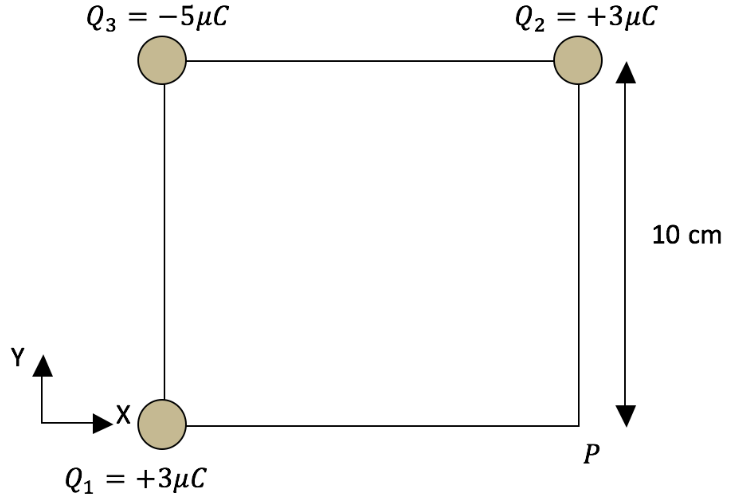


En la figura se muestra el vector intensidad de campo eléctrico en los dos casos posibles:

Principio de superposición

En caso de que tengamos un sistema de dos o más partículas, el vector intensidad de campo eléctrico en un punto es la suma de los campos creados por cada una de las partículas en dicho punto.

Ejemplo: Representa el campo eléctrico en el punto P para la distribución de cargas de la figura y calcula su módulo si el medio que rodea a las cargas es el vacío.



Elegimos un sistema de referencia para poder representar matemáticamente los vectores tal y como se muestra en la figura. Calculamos el campo eléctrico generado por cada una de las cargas:

$$\vec{E_1} = K\frac{Q_1}{r_1^2}\vec{i} = \left(9\times10^9\frac{Nm^2}{C^2}\right)\times\frac{3\times10^{-6}\ C}{(0{,}1\ m)^2}\vec{i} = 2{,}7\times10^6 N/C\ \vec{i}$$

$$\vec{E_2} = -K\frac{Q_2}{r_2^2}\vec{j} = \left(-9\times10^9\frac{Nm^2}{C^2}\right)\times\frac{3\times10^{-6}\ C}{(0{,}1\ m)^2}\vec{j} = -2{,}7\times10^6 N/C\ \vec{j}$$

La carga 3 genera el siguiente campo eléctrico:

$$\vec{E_3} = K\frac{Q_3}{r_3^2}\left(+\frac{\vec{i}}{\sqrt{2}} - \frac{\vec{j}}{\sqrt{2}}\right)$$

En este caso, el vector unitario se encuentra entre el eje x y el eje y. Calculamos la distancia de la carga al punto P utilizando el teorema de Pitágoras:

$$r_3^2 = r_1^2 + r_2^2 \rightarrow r_3 = \sqrt{r_1^2 + r_2^2} = 0{,}14\ m$$

$$\vec{E_3} = K\frac{Q_3}{r_3^2}\left(-\frac{\vec{i}}{\sqrt{2}} + \frac{\vec{j}}{\sqrt{2}}\right) = \left(9\times10^9\frac{Nm^2}{C^2}\right)\times\frac{-5\times10^{-6}\ C}{(0{,}14\ m)^2}\left(+\frac{\vec{i}}{\sqrt{2}} - \frac{\vec{j}}{\sqrt{2}}\right) = 1{,}6\times10^6 N/C\left(-\vec{i} + \vec{j}\right)$$

Finalmente el campo resultante es la suma de los tres:

$$\vec{E_T} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \vec{E_3}$$

$$\vec{E_T} = [(2{,}7\times10^6 - 1{,}6\times10^6)\ \vec{i} + (-2{,}7\times10^6 + 1{,}6\times10^6)\vec{j}\ ]\,N/C$$

$$\vec{E_T} = [(1{,}1\times10^6)\ \vec{i} + (-1{,}1\times10^6)\vec{j}\ ]\,N/C$$

Obtenemos el módulo del campo eléctrico en el punto p:

$$\vec{E_T} = |\vec{E_T}| = \sqrt{\left(1{,}1\times10^6\right)^2 + \left(1{,}1\times10^6\right)^2}N/C = 1{,}6\times10^6\ N/C$$

2. Fuerza eléctrica: Ley de Coulomb

En el S. XVIII el francés Charles Coulomb estableció el valor de la interacción entre las partículas cargadas. Es lo que se conoce como ley de Coulomb:
"La interacción electrostática entre dos partículas puntuales cargadas es proporcional al valor de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas y su dirección es según la recta que las une".

La ley de Coulomb se puede expresar matemáticamente y en forma vectorial como:

$$\boxed{\overrightarrow{\mathbf{F_e}} = \mathbf{K}\frac{\mathbf{qq'}}{\mathbf{r^2}}\overrightarrow{\mathbf{U_r}}}$$

El valor de la constante eléctrica **k** depende del medio en el que se encuentren las cargas eléctricas. Para el vacío:

k = 9x10^{9} N C^{2} m^{-2}

La fuerza eléctrica tiene las siguientes **características:**
-Puede ser **atractiva o repulsiva** dependiendo de si las cargas tienen el mismo signo o contrario.
-Su **valor depende del medio** a través de la constante k.
-La fuerza **disminuye con el cuadrado de la distancia** de las cargas.

Relación entre la intensidad de campo y la fuerza electrostática

Hemos visto que una carga puntual (Q) genera un campo eléctrico que viene dado por:

$$\overrightarrow{E(r)} = K\frac{Q}{r^2}\overrightarrow{U_r}$$

Si colocamos a una distancia r a una partícula de de carga q, la fuerza electrostática a la que esta sometida bajo la acción de ese campo eléctrico es:

$$\overrightarrow{F_E} = K\frac{Qq}{r^2}\overrightarrow{U_r}$$

Si comparamos las dos expresiones anteriores vemos que la fuerza y el campo eléctrico están relacionados a través de la siguiente expresión:

$$\boxed{\overrightarrow{F_E} = q\vec{E}}$$

La fuerza electrostática a la que se encuentra sometida un cuerpo de carga q es igual al producto entre su carga y el campo eléctrico que existe donde se encuentra situada.

3. Energía potencial

Al igual que la fuerza gravitatoria la fuerza eléctrica es conservativa. Esto significa:

1. La energía mecánica de partículas que se mueven bajo la acción de dicho campo se conserva.
2. Podemos definir una energía potencial para el campo eléctrico.

La energía potencial de una carga q en el seno de un campo eléctrico creado por una carga Q es:

$$\boxed{E_p = K\frac{qQ}{r}}$$

La unidad de energía en el sistema internacional es el julio. Tal y como vimos en el tema anterior es importante señalar que la energía potencial absoluta en un determinado punto no puede determinarse, sólo se puede calcular variaciones de energías potenciales, es necesario tomar una referencia. Para la definición anterior hemos escogido como origen de energía potencial el infinito ($E_p(\infty) = 0$) tal y como explicaremos a continuación.

Trabajo debido a la fuerza eléctrica

Habíamos visto que cuando la fuerza que actúa sobre un objeto es conservativa y constante se cumplía:

$$W = \vec{F} \bullet \Delta\vec{r} = -\Delta E_p$$

Si la fuerza no es constante solo podemos calcular el trabajo en un desplazamiento infinitesimal, en el que se considera que la fuerza es constante. De esta manera, la fórmula queda:

$$dW = \vec{F} \bullet d\vec{r} = -\mathrm{d}E_p$$

Si queremos calcular el trabajo que se realiza cuando se produce un desplazamiento entre dos puntos debemos sumar todos los trabajos infinitesimales entre ambos puntos. Matemáticamente esa suma es la integral:

$$W_{i\to f} = \int_i^f \vec{F} \bullet d\vec{r} = -\Delta E_p$$

Aplicando lo anterior para la fuerza gravitatoria:

$$W_{i\to f} = \int_i^f \frac{KQq \bullet \vec{u}_r}{r^2} \bullet d\vec{r} = KQq \bullet \int_i^f \frac{dr}{r^2} = \left[-\frac{1}{r}\right]_i^f = -\frac{KQq}{r_f} + \frac{KQq}{r_i} = -\Delta E_p$$

Y por lo tanto:

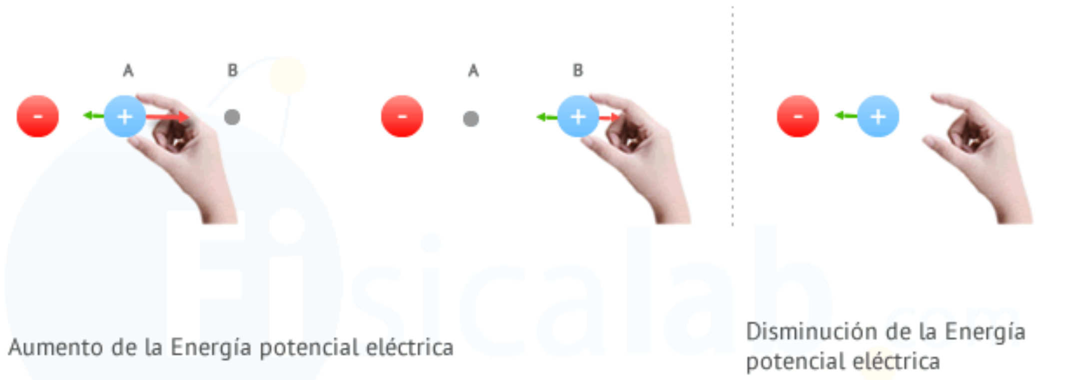
$$E_p(f) - E_p(i) = \left(\frac{KQq}{r_f}\right) - \left(\frac{KQq}{r_i}\right)$$

Podemos sacar varías conclusiones sobre este resultado:
1. El **trabajo solo depende de los puntos iniciales y finales y no de la trayectoria**. Por lo tanto, el trabajo realizado a través de una trayectoria cerrada es cero.

2. Si tenemos **cargas del mismo signo**:

2.1 El **trabajo es positivo** cuando $r_i < r_f$. Esto ocurre cuando **la carga (q) se aleja a la carga que genera el campo (Q)**. En este caso el cuerpo pierde energía potencial.
2.2 El **trabajo es negativo** cuando $r_i > r_f$. Esto ocurre cuando **la carga (q) se acerca a la carga que genera el campo (Q)**. En este caso el cuerpo gana energía potencial. Para que esto suceda hace falta que actúe una fuerza exterior.

3. Lo contrario al punto 2 ocurre si tenemos cargas de distinto signo.



Definición de la energía potencial

En el apartado anterior habíamos deducido:

$$E_p(f)-E_p(i)=\left(\frac{KQq}{r_f}\right)-\left(\frac{KQq}{r_i}\right)$$

Tenemos que tener en cuenta que la energía potencial absoluta en un determinado punto no puede determinarse, sólo se puede calcular variaciones de energías potenciales, es necesario tomar una referencia. Para ello, debemos elegir un origen de energía potencial. Si fijamos el origen de potencial a los puntos situados a una distancia infinita de la carga que crea el campo obtenemos:

$$E_p(r) - E_p(\infty) = \left(\frac{KQq}{r}\right) - \left(\frac{KQq}{r_\infty}\right)$$

Si asignamos un valor cero a la energía potencial gravitatoria en el infinito $(E_p(\infty) = 0)$ finalmente obtenemos la definición de la energía potencial introducida al principio del capítulo:

$$E_p(r) = \frac{KQq}{r}$$

Por lo tanto, desde un punto de vista físico, la energía potencial de una carga q es el trabajo que realiza el campo eléctrico para trasladar la carga q hasta el infinito.

$$W_{r\to\infty} = E_p(r)$$

Energía potencial de un sistema de partículas

Para calcular la energía potencial de un conjunto de partículas tenemos que sumar la energía de todas las parejas que podamos formar. Por ejemplo, en un sistema de tres partículas tendremos:

$$\mathrm{E_T = E_{p\,1,2} + E_{p\,1,3} + E_{p\,2,3} = K(\frac{q_1q_2}{r_{1,2}} + \frac{q_1q_3}{r_{1,3}} + \frac{q_2q_3}{r_{2,3}})}$$

Esta sería la energía que tendríamos que comunicar al sistema para separar las partículas a una distancia infinita.

4. Potencial de campo eléctrico

Se define el potencial eléctrico en un punto como la energía potencial que adquiriría la unidad de carga colocada en dicho punto:

$$\boxed{\boldsymbol{V = \frac{E_p}{q} = k\frac{Q}{r}}}$$

Esta magnitud física tiene unidades de energía por unidad de carga:

$$[V] = \frac{J}{C} = V$$

La unidad de potencial en el sistema internacional se denomina voltio (V).
Como se puede ver en la fórmula, **V>0 si Q>0 y V<0 si Q<0**.

Es importante señalar que para escribir la definición anterior del potencial hemos tomado como origen del potencial el infinito al igual que hicimos con la energía potencial.

Potencial de un sistema de partículas

Para calcular el potencial de un conjunto de partículas tenemos que sumar el potencial de todas las partículas (i.e principio de superposición) en un punto. Por ejemplo, en un sistema de tres cargas tendremos:

$$\mathrm{V_T = V_1 + V_2 + V_3 = K(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \frac{Q_3}{r_3})}$$

Esto es la energía necesaria para traer la unidad de carga positiva desde fuera del campo (i.e infinito) hasta ese punto. El potencial en el infinito es cero.

Diferencia de potencial entre dos puntos

Habíamos visto que el trabajo que re realiza sobre una carga cuando se desplaza entre dos puntos de un campo eléctrico es:

$$W_{i\to f} = \int_i^f \vec{F} \bullet d\vec{r} = -\Delta E_p$$

Si dividimos por la carga:

$$\frac{W_{i\to f}}{q} = \int_i^f \frac{\vec{F}}{q} \bullet d\vec{r} = -\Delta V$$

De manera que obtenemos:

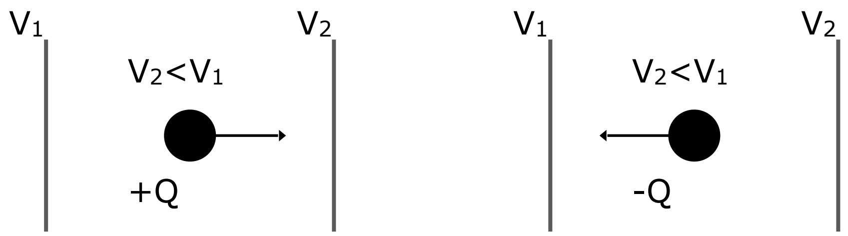
$$-\Delta V = V_i - V_f = \int_i^f \vec{E} \bullet d\vec{r} = \frac{W_{i\to f}}{q}$$

Reagrupando obtenemos la siguiente relación entre el trabajo y la diferencia de potencial:

$$\boxed{W_{i\to f} = q(V_i - V_f)}$$

Tal y como se muestra en la siguiente figura en un campo electrostático:

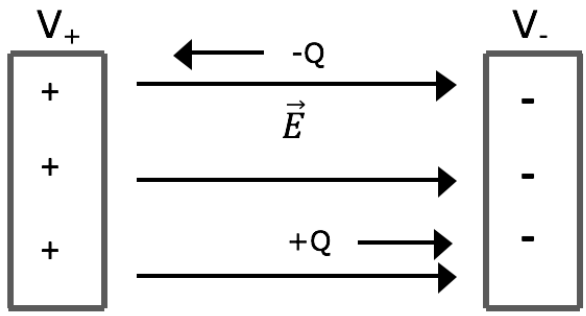
-Las cargas positivas se desplazan de forma espontánea en el sentido de potenciales decrecientes (W>0).
-Las cargas negativas se desplazan de forma espontánea en el sentido de potenciales crecientes (W>0).



Nota: Cuando se trabaja con partículas cargadas que son aceleradas con un campo eléctrico muchas veces se utiliza para medir su energía el **electrón voltio**. No es una unidad del sistema internacional. El electrón voltio **es la energía que adquiere un electrón cuando es acelerado con una diferencia de potencial de 1 V**. (1 eV = 1,602x10^{-19} J)

Diferencia de potencial en un campo eléctrico uniforme

Una forma sencilla de generar un campo eléctrico uniforme (i.e constante en todos los puntos) es mediante el uso de dos placas planas de cargas opuestas. A este dispositivo se le conoce como condensador:



Como se puede ver en la figura el campo eléctrico va de mayor a menor potencial y las cargas positivas se mueven en el sentido del campo mientras ocurre lo contrario para las negativas.

Habíamos visto:

$$V_i - V_f = \int_i^f \vec{E} \bullet d\vec{r}$$

Aplicando dicha ecuación entre las placas del condensador:

$$V_+ - V_- = \int_+^- \vec{E} \bullet d\vec{r}$$

En el caso de un condensador el campo eléctrico es constante y podemos sacarlo de la integral:

$$V_+ - V_- = \vec{E} \int_+^- d\vec{r} = \vec{E} \bullet (\vec{r}_- - \vec{r}_+)$$

Teniendo en cuenta que d es la distancia que separa las placas del condensador podemos escribir:

$$\boxed{V_+ - V_- = Ed}$$

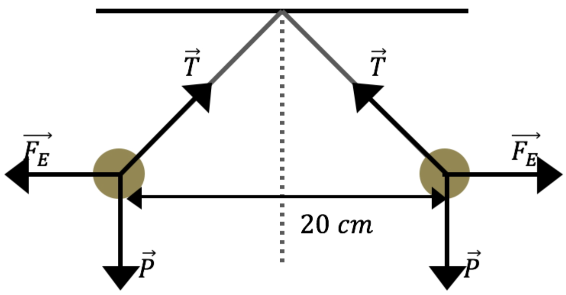
Multiplicando por una carga q hallamos una expresión equivalente para la energía potencial:

$$\boxed{E_p(+) - E_p(-) = qEd}$$

Ejemplo: Colgamos del techo dos hilos de longitud 50 cm. Cada hilo lleva en su extremo una carga positiva de q=1,2x10-8 C. Cuando se llega al equilibrio, las cargas están separadas por una distancia de 20 cm. Calcule:

a) La tensión de las cuerdas.
b) El potencial eléctrico que crean en el punto medio del segmento que va de una carga a la otra.
c) El campo eléctrico que crean en el punto de unión de los hilos con el techo.

Datos: K=9x109 Nm2/C2



a) Aplicamos la segunda ley de Newton a una de las dos cargas:

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

Para los dos ejes queda:

$$(Y)\ \ T\cos\theta = P = mg$$
$$(X)\ \ T\text{sen}\theta = F_E = K\frac{qq}{d^2}$$

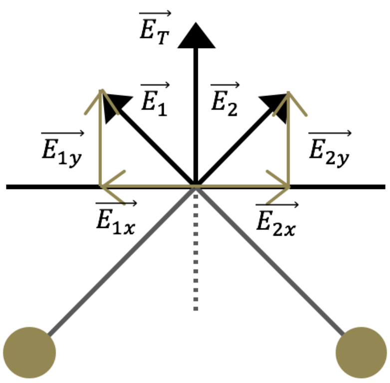
De la ecuación de la X despejamos la tensión:

$$T = k\frac{qq}{d^2\text{sen}\theta} = 1{,}62 \times 10^{-4} N$$

b) El potencial el punto medio es la suma de los potenciales de las dos cargas:

$$V = V_1 + V_2 = K\frac{q}{d/2} + K\frac{q}{d/2} = 2{,}2 \times 10^3\ V$$

c) Como se puede ver en la siguiente figura, al sumar los campos de las dos cargas nos queda:



De forma que:

$$E_T = 2E_y = 2E_1\cos\theta = 8{,}47 \times 10^2\ N/C$$

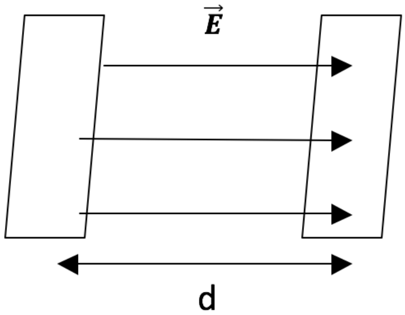
Relación entre el potencial y la intensidad de campo

Si observamos la relación entre la expresión del potencial y la comparamos con la intensidad de campo observamos que:

$$\boxed{\vec{E} = -\left(\frac{\delta V}{\delta x}\vec{i} + \frac{\delta V}{\delta y}\vec{j} + \frac{\delta V}{\delta z}\vec{k}\right)}$$

Según la expresión anterior cuanto mayor sea la variación espacial del potencial en el espacio mayor será el campo magnético que existe.

Ejemplo: Tenemos un campo eléctrico de 1000 N/C entre dos placas cargadas de un condensador que se encuentran a 0,5 metros. Calcula la diferencia de potencial que tiene que haber entre las dos placas para producir ese campo eléctrico uniforme.



Para resolver el problema utilizamos la relación entre la intensidad de campo y el potencial:

$$\vec{E} = -\frac{\Delta V}{\Delta x}\vec{i}$$

Despejamos la diferencia de potencial de la ecuación anterior:

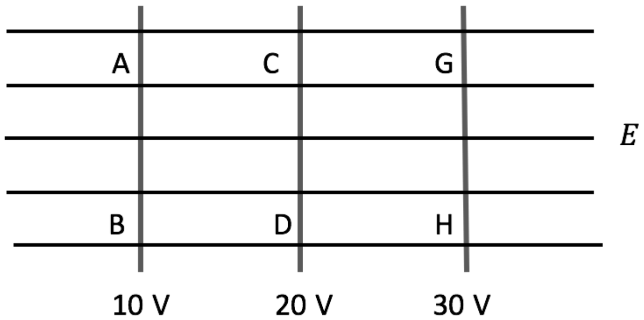
$$\Delta V = -(E\,\Delta x)$$

Sustituimos los números:

$$\Delta V = -(1000\ N/C \times\ 0{,}5\ m) = -500\ V$$

Ejemplo: En la figura, las líneas horizontales representan un campo eléctrico uniforme de valor E=500 N/C y las verticales las superficies equipotenciales. Determinar:

a) El sentido del campo eléctrico.
b) El trabajo que tenemos que realizar para llevar la carga de $+2\ \mu C$ desde B hasta G.
c) La energía potencial eléctrica de una carga de $+3\ \mu C$ situada en D.
d) La distancia entre los puntos B y H.



a) El campo tiene el sentido de los potenciales decrecientes, por lo tanto va de G a A. La diferencia de potencial entre G y A es:

$$V_G - V_A = 30V - 10V = 20V$$

b) Calculamos el trabajo utilizando la relación de la energía potencial:

$$W_{B \to G} = -\Delta E_p = -q\left(V_G - V_B\right) = -4 \times 10^{-5}\ J$$

El trabajo es negativo esto quiere decir que hace falta una fuerza externa para desplazar la carga positiva de G a B. Esta solo se desplazaría espontáneamente en el sentido contrario.

c) $E_p = qV = 6 \times 10^{-5}\ J$

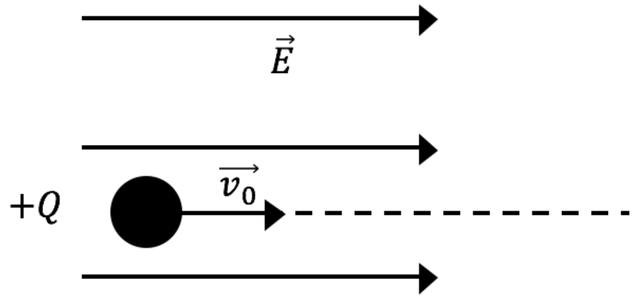
d) Para un campo eléctrico uniforme se cumple:

$$\vec{E} \bullet \Delta \vec{r} = -\Delta V \to d = \frac{20\ V}{500\ N/C} = 0{,}04\ m$$

5. Movimiento de partículas cargadas en un campo eléctrico uniforme

Movimiento de partículas que inciden paralelas al campo

En este caso tenemos la siguiente situación:



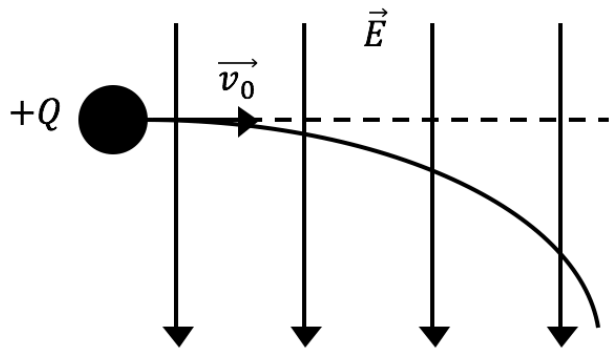
Aplicamos la segunda ley de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow q\vec{E} = m\vec{a}_x$$

Obtenemos que la partícula se verá sometida a un MRUA con la siguiente aceleración:

$$\vec{a}_x = \frac{q\vec{E}}{m}$$

Movimiento de partículas que inciden perpendiculares al campo



Aplicamos la segunda ley de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow q\vec{E} = m\vec{a}_y \rightarrow \vec{a}_y = -\frac{qE}{m}\vec{j}$$

En este caso tenemos un movimiento parabólico en el que la velocidad es:

$$\vec{v} = v_0\vec{i} - \left(\frac{qE}{m}\right)t\,\vec{j}$$

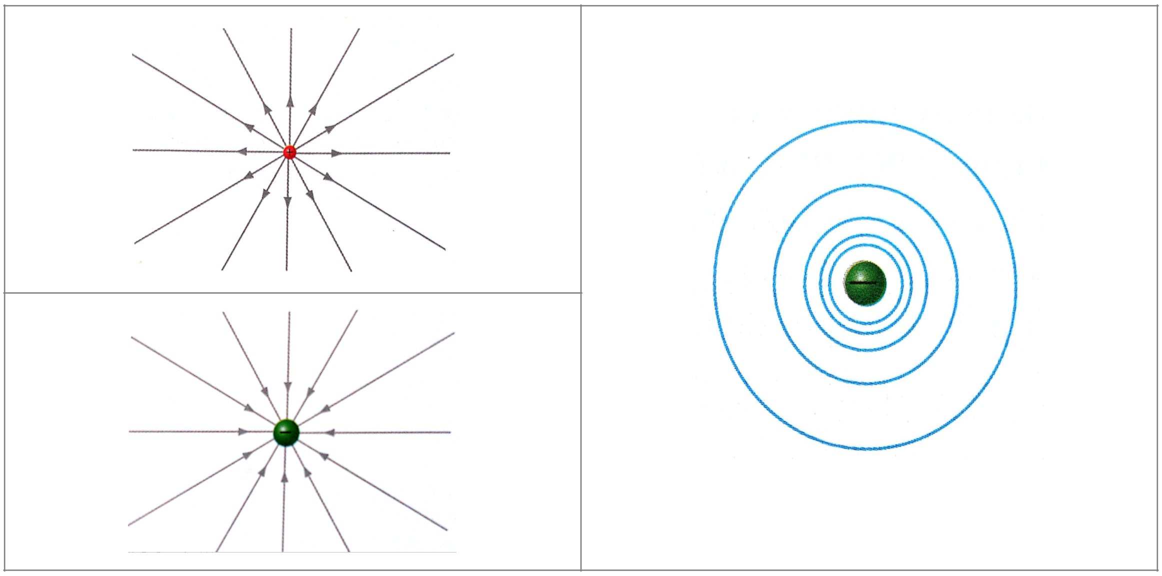
6. Relación entre las magnitudes de campo eléctrico

$$
\begin{tikzcd}
\vec{E} \arrow[rr, "\times q"] & & \vec{F} = q\vec{E} \\
V \arrow[u, "\vec{E} = -\frac{\partial V}{\partial x}\vec{\imath}"] \arrow[rr, "\times q"'] & & E_p = qV \arrow[u, "\vec{F} = -\frac{\partial E_p}{\partial x}\vec{\imath}"']
\end{tikzcd}
$$

7. Representación del campo eléctrico

Líneas de campo y superficies equipotenciales de cargas puntuales

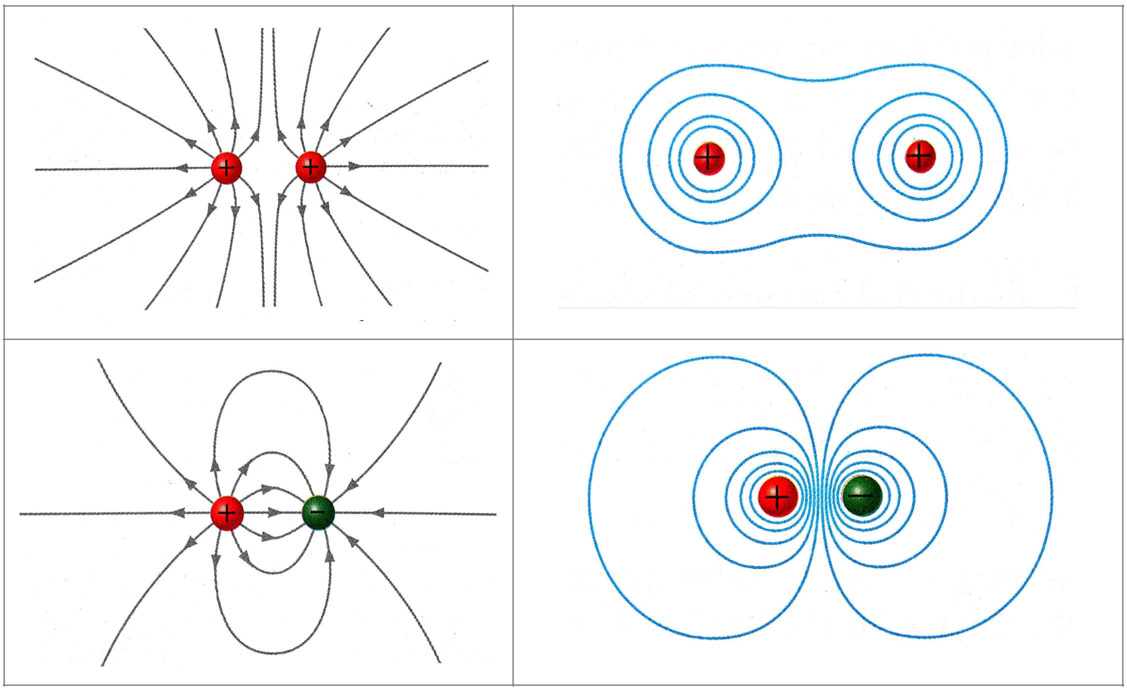
En la siguiente figura se muestran las líneas de campo de una carga positiva y otra negativa (izquierda) y las superficies equipotenciales (derecha).



Líneas de campo y superficies equipotenciales de pares de cargas puntuales

En la siguiente figura se muestran las líneas de campo y superficies equipotenciales de dos cargas positivas (arriba) y un par de cargas de distinto signo (abajo).

Como se puede ver el campo solo se anula cuando tenemos dos cargas del mismo signo.



En el caso de que tuviéramos láminas cargadas las líneas de campo serían de la siguiente forma:

8. Analogías y diferencias entre el campo gravitatorio y eléctrico

Interacciones	Entre	Tipo	Ley	Características
Gravitatoria	masas	atracción	$F = G\dfrac{Mm}{r^2}$	Conservativa Newtoniana No depende del medio
Eléctrica	cargas	Atracción ≠ signo Repulsión = signo	$F = k\dfrac{Qq}{r^2}$	Conservativa Newtoniana Depende del medio

Analogías entre el campo gravitatorio y eléctrico

Ambos son **campos newtonianos**. Este quiere decir que ambos satisfacen las siguientes condiciones:

1. Ambos son **campos centrales**. Esto significa que la fuerza que ejerce el campo generado por una masa o carga sobre otra está en la misma línea que los une.

2. Su **intensidad** es directamente **proporcional a la masa o carga** que crea el campo e **inversamente proporcional al cuadrado de la distancia**.

Diferencias entre el campo gravitatorio y eléctrico

Campo gravitatorio	Campo eléctrico
Siempre atractivas	Atractivas y repulsivas
G no depende del medio y su valor es muy pequeño. Esta interacción no depende del medio y solo es significativa cuando al menos una de las masas es grande.	K depende del medio y su valor es grande. La interacción electrostática depende del medio y es intensa.
Los cuerpos se desplazan espontáneamente de regiones de mayor a menor potencial.	• Las cargas positivas se desplazan de regiones de mayor a menor potencial. • Las cargas negativas se desplazan espontáneamente a las regiones de menor potencial.

Relación entre las magnitudes del campo gravitatorio y eléctrico

	Gravitatorio	Eléctrico
Intensidad	$\vec{g} = -G\dfrac{M}{r^2}\vec{U}_r$	$\vec{E} = K\dfrac{Q}{r^2}\vec{U}_r$
Fuerza	$\vec{F}_g = -G\dfrac{mm'}{r^2}\vec{U}_r$	$\vec{F}_e = K\dfrac{qq'}{r^2}\vec{U}_r$
Potencial	$V = -G\dfrac{M}{r}$	$V = k\dfrac{Q}{r}$
Energía potencial	$E_p = -G\dfrac{mM}{r}$	$E_p = K\dfrac{qQ}{r}$

Como se puede ver, **la simetría entre las ecuaciones del campo gravitatorio y eléctrico es total**.

Recursos web

CUESTIONES TEÓRICAS

Campo eléctrico

1. **a)** Explique cómo se define el campo eléctrico creado por una carga puntual y razone cuál es el valor del campo eléctrico en el punto medio entre dos cargas de valores q y -2q.
   b) Determine la carga negativa de una partícula, cuya masa es 3,8 g, para que permanezca suspendida en un campo eléctrico de 4500 N C^{-1}. Haga una representación gráfica de las fuerzas que actúan sobre la partícula.g = 9,8 m s^{-2} **(Septiembre 2017)**

2. **a)** Discuta la veracidad de las siguientes afirmaciones : **i)**"Al analizar el movimiento de una partícula cargada positivamente en un campo eléctrico observamos que se desplaza espontáneamente hacia puntos de potencial mayor"; **ii)**"Dos esferas de igual carga se repelen con una fuerza F. Si duplicamos el valor de la carga de cada una de las esferas y también duplicamos la distancia entre ellas, el valor F de la fuerza no varia". **(Junio 2017)**

3. **a)** Defina las características del potencial eléctrico creado por una carga eléctrica puntual positiva.
b) ¿Puede ser nulo el campo eléctrico en algún punto intermedio del segmento que une a dos cargas puntuales del mismo valor q? Razónelo en función del signo de las cargas. **(Junio 2015)**

4. **a)** Enuncie la ley de Coulomb y comente su expresión.
   b) Dos cargas puntuales q y –q se encuentran en el eje X, en x=a y en x=-a, respectivamente. Escriba las expresiones del campo y el potencial electrostático en el origen de coordenadas. **(2012)**

5. **a)** Potencial electrostático de una carga puntual y un conjunto de cargas puntuales.
   b) Si se conoce el potencial electrostático en un solo punto, ¿se puede determinar el campo eléctrico en dicho punto? **(2012)**

6. **a)** Campo eléctrico de un conjunto de cargas eléctricas puntuales.
   b) ¿Puede ser nulo el campo eléctrico producido por dos cargas puntuales en un punto del segmento que las une? Razone la respuesta. **(2012)**

7. **a)** Carga y potencial electrostático de una carga puntual.
   b) En una región del espacio existe un campo electrostático generado por una carga negativa, q. Dados dos puntos, A más cercano a la carga y B más alejado a la carga, razone si el potencial en B es mayor o menor que en A. **(2011)**

8. **a)** Campo eléctrico de una carga eléctrica puntual.
   b) Dos cargas eléctricas puntuales positivas están situadas en dos puntos A y B de una recta. ¿Puede ser nulo el campo eléctrico en algún punto de esa recta? ¿Y si las dos cargas fueran negativas? Razone las respuestas. **(Junio 2011)**

9. **a)** Explique la interacción de un conjunto de cargas puntuales.

b) Considere dos cargas eléctricas +Q y –Q, situadas en dos puntos A y B. Razone cuál sería el potencial electrostático en el punto medio del segmento que une los puntos A y B. ¿Puede deducirse de dicho valor que el valor del campo eléctrico es nulo en dicho punto? **(2010)**

10. **a)** Explique la relación entre campo y potencial electrostáticos.
b) Una partícula cargada se desplaza espontáneamente hacia puntos en los que el potencial electrostático es mayor. Razone si, de ese comportamiento, puede deducirse el signo de la carga. **(Junio 2010)**

11. **a)** Explique la relación entre campo y potencial electrostáticos.
b) Razone si puede ser distinto de cero el potencial eléctrico en un punto en el que el campo es nulo. **(2009)**

12. **a)** Enuncie la ley de Coulomb y aplique el principio de superposición para determinar la fuerza que actúa sobre una carga en presencia de otras dos.
b) Dos cargas $+q_1$ y $-q_2$ están situadas en dos puntos de un plano. Explique, con ayuda de una gráfica, en qué posición habría que colocar una tercera carga, $+q_3$, para que estuviera en equilibrio. **(Junio 2009)**

13. **a)** Energía potencial electrostática de una carga en presencia de otra. Razone si la energía potencial electrostática de una carga q aumenta o disminuye al pasar de un punto A a otro B, siendo el potencial A menor que en B.
b) El punto A esta más alejado que el B de la carga Q que crea el campo. Razone si la carga

14. **a)** Explique las características de la interacción eléctrica entre dos cargas puntuales en reposo.
b) ¿Es nulo el campo eléctrico en algún punto del segmento que une dos cargas puntuales de igual valor absoluto pero de signo contrario? Razone la respuesta. **(Septiembre 2008)**

15. **a)** Razone si la energía potencial electrostática de una carga q aumenta o disminuye, al pasar del punto A al B, siendo el potencial en A mayor que en B.
b) El punto A está más alejado que el B de la carga Q que crea el campo. Razone si la carga Q es positiva o negativa. **(Septiembre 2004)**

16. Comente las siguientes afirmaciones relativas al campo eléctrico:
a) Cuando una carga se mueve sobre una superficie equipotencial no cambia su energía mecánica.
b) Dos superficies equipotenciales no pueden cortarse. **(Septiembre 2003)**

17. Dos cargas eléctricas puntuales, positivas e iguales, están situadas en los puntos A y B de una recta horizontal. Contesta razonadamente a las siguientes cuestiones:

a) ¿Puede ser nulo el potencial en algún punto del espacio que rodea a ambas cargas? ¿y el campo eléctrico?

b) Si separamos las cargas a una distancia doble de la inicial, ¿se reduce a la mitad la energía potencial del sistema?

18. Contesta razonadamente a las siguientes preguntas:
a) ¿puede ser nulo el campo eléctrico producido por dos cargas puntuales en un punto del segmento que las une?
b) ¿se puede determinar el campo eléctrico en un punto si conocemos el valor del potencial electrostático en ese punto?

19. **a)** Razona si la energía potencial electrostática de una carga q aumenta o disminuye, al pasar de un punto A al B, siendo el potencial en A mayor que en B
b) El punto A está más alejado que el B de la carga Q que crea el campo. Razona si la carga Q es positiva o negativa.

20. ¿Pueden cortarse 2 líneas de fuerza en un campo eléctrico? ¿ Y dos superficies equipotenciales? Razona la respuesta.

Movimiento de partículas cargadas

21. **a)** Dos partículas idénticas con carga q y masa m se encuentran separadas por una distancia d. A continuación, se mantiene fija una de las partículas y se deja que la otra se aleje hasta duplicar la distancia inicial con la primera. **i)** Determine el módulo de la velocidad que adquiere la partícula en el punto final. **ii)** Determine cómo cambiaría el módulo de la velocidad obtenida en el apartado anterior si se duplica el valor de las cargas. **(Julio 2021)**

22. **a)** 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? **(Junio 2018)**

23. **a)** Un haz de electrones atraviesa una región del espacio siguiendo una trayectoria rectilínea, En dicha región hay aplicado un campo electrostático uniforme, ¿Es posible deducir algo acerca de la orientación del campo? Repita el razonamiento para un campo magnético uniforme. **(Junio 2017)**

24. **a)** Campo eléctrico creado por una carga puntual. Explique sus características y por qué es un campo conservativo.
b) Una partícula cargada penetra en un campo eléctrico con velocidad paralela al campo y sentido contrario al mismo. Describe cómo influye el signo de la carga eléctrica en su trayectoria. **(Junio 2016)**

25. **a)** Potencial electrostático de una carga puntual.
b) Cuando una partícula cargada se mueve en la dirección y sentido de un campo eléctrico, aumenta su energía potencial. Razone qué signo tiene la carga de la partícula. **(2011)**

26. **a)** Una partícula cargada negativamente pasa de un punto A a otro B, cumpliéndose que: $V_A > V_B$. Razona si la partícula gana o pierde energía potencial.
b) Los puntos C y D pertenecen a una misma superficie equipotencial. ¿Se realiza trabajo al trasladar una carga (positiva o negativa) desde C hasta D? Justifica la respuesta.

27. Una carga eléctrica positiva se mueve en un campo eléctrico uniforme. Razona cómo varía su energía potencial electrostática si la carga se mueve:
a) En la misma dirección y sentido del campo eléctrico, ¿y si se mueve en sentido contrario?
b) En dirección perpendicular al campo eléctrico, ¿y si la carga describe una circunferencia y vuelve al punto de partida?

28. Una carga eléctrica se mueve en una región en la cual tan solo hay un campo eléctrico variable:
a) Si pasa, con una determinada velocidad, por un punto P, en el cual el campo eléctrico es nulo, ¿se detendrá?
b) Si se deja la carga inicialmente en reposo, en un punto Q, en el cual el potencial eléctrico es nulo, ¿continuará la carga en reposo? Razona las respuestas.
Sol:a) No; b) No

Comparación campo eléctrico y gravitatorio

29. **a)** Explique las analogías y diferencias entre el campo eléctrico creado por una carga puntual y el campo gravitatorio creado por una masa puntual, en relación con su origen, intensidad relativa, dirección y sentido.
b) ¿Puede anularse el campo gravitatorio y/o el campo eléctrico en un punto del segmento que une a dos partículas cargadas? Razone la respuesta. **(2007)**

30. Conteste razonadamente a las siguientes preguntas:
a) ¿qué diferencias puede señalar entre la interacción electrostática entre dos cargas puntuales y la interacción gravitatoria entre dos masas puntuales? ;
b) ¿existe fuerza electromotriz inducida en una espira colocada frente a un imán? **(Junio 2004)**

31. **a)** Explique las analogías y diferencias entre las interacciones gravitatoria y electrostática.
b) ¿Qué relación existe entre el período y el radio orbital de dos satélites? **(Junio 2003)**

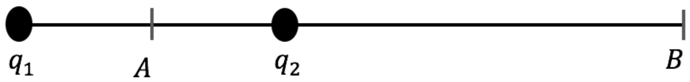
32. Analogías y diferencias entre campo gravitatorio y eléctrico.

PROBLEMAS

Campo eléctrico

1. **b**) Dos cargas puntuales q_1 = 5·10^{-6} C y q 2 = -5·10^{-6} C están situadas en los puntos A (0,0) m y B (2,0) m respectivamente. Calcule el valor del campo eléctrico en el punto C (2,1) m. K=9x10^9 Nm^2/C^2 **(Junio 2018)**

2. **b)** Se coloca una carga puntual de 4x10^{-9} C en el origen de coordenadas y otra carga puntual de-3x10^{-9} C en el punto (0, 1) m. Calcule el trabajo que hay que realizar para trasladar una carga de 2x10^{-9} C desde el punto (1, 2) m hasta el punto (2, 2) m.
K=9x10^9 N m^2 C^{-2} **(Junio 2017)**

3. Dos cargas eléctricas puntuales q1= -5μC y q2= 2μC están separadas una distancia de 10 cm. Calcule:
a) El valor del campo y el potencial eléctricos en el punto B, situado en la línea que une ambas cargas, 20 cm a la derecha de la carga positiva, tal y como indica la figura.


b) El trabajo necesario para trasladar una cara q3 =-12μC desde el punto A, punto medio de las cargas q1 y q2, hasta el punto B. ¿Qué fuerza actúa sobre q3 una vez situada en B?
K=9x109 Nm2/C2 **(Septiembre 2013)**

4. Dos cargas q_1=-8x10^{-9} C y q_2=32/3x10^{-9} C se colocan en los puntos A(3,0) m y B(0,-4) m, en el vacío.
a) Dibuje en un esquema el campo eléctrico creado por una carga en el punto (0,0) y calcule el campo eléctrico total en dicho punto.
b) Calcule el trabajo necesario para trasladar la carga q_1 desde su posición hasta el punto (0,0).
Datos: K

5. Dos cargas puntuales de +10^{-5} C se encuentran en el vacio, fijas en los puntos A(0,0) m y B(0,3) m.
a) Calcule el campo y el potencial electrostáticos en el punto C (4,0) m.
b) Si abandonáramos otra carga puntual de +10^{-7} C en el punto C. ¿Cómo se movería? Justifique la respuesta.
Datos: K **(2011)**

6. Una carga de 3x10^{-6}C se encuentra en el origen de coordenadas y otra de -3x10^{-6}C está situada en el punto (1,1) m.
a) Dibuje un esquema de campo eléctrico en el punto B(2,0) m y calcule su valor. ¿Cuál es el potencial eléctrico en el punto B?
b) Calcule el trabajo necesario para desplazar una carga de 10x10^{-6} C desde el punto A(1,0) m hasta el punto B (2,0) m.
Datos: k **(2010)**

7. Considere dos cargas eléctricas puntuales $q_1=2x10^{-6}$ C y $q_2=-4x10^{-6}$ C separadas 0,1 m.
   a) Determine el valor del campo eléctrico en el punto medio del segmento que une ambas cargas. ¿Puede ser nulo el campo en algún punto de la recta les une?
   b) Razone si es posible que el potencial eléctrico se anule en algún punto de dicha recta y, en su caso, calcule la distancia de ese punto a las cargas.
   Datos: K. **(2009)**

8. Dos cargas $q_1=-4C$ y $q_2=2C$ se encuentran en los puntos (0,0) y (1,0) m respectivamente.
   a) Determina el valor del campo eléctrico en el punto (0,3) m.
   b) Razone qué trabajo hay que realizar para trasladar una carga $q_3=5C$ desde el infinito al punto (0,3) m e interprete el signo del resultado.
   Datos: K **(2009)**

9. **a)** Explica el concepto de potencial eléctrico. ¿Qué potencial eléctrico crea una carga puntual? .Dibuja sus superficies equipotenciales
   b) Dos partículas con igual carga, $3\mu C$, están separadas una distancia de 3 m, calcula el potencial y el campo eléctrico en el punto medio entre ambas.
   Datos: K
   Sol: b) V = 36000V; E = 0;

10. Se tienen 3 cargas situadas en los vértices de un triángulo equilátero, cuyas coordenadas (expresadas en cm) son: A(0,2), B(-v3,-1) y C(v3,-1). Sabiendo que las cargas situadas en los puntos B y C son idénticas e iguales a 2 μC y que el campo eléctrico en el origen de coordenadas (centro del triángulo) es nulo, determina:
    a) El valor y el signo de la carga situada en el punto A.
    b) El potencial en el origen de coordenadas.
    Datos: K.
    Sol: a) q_A= 2 mmC, b) V = $2{,}7.10^6$ V.

11. En el átomo de hidrógeno el electrón se encuentra sometido al campo eléctrico y gravitatorio creado por el protón.
    a) Dibuja las líneas del campo eléctrico creado por el protón así como las superficies equipotenciales.
    b) Calcula la fuerza electrostática con la que se atraen ambas partículas y compárala con la fuerza gravitatoria entre ellas, suponiendo que están separadas una distancia de $5{,}2.10^{-11}$m.
    c) Calcula el trabajo realizado por el campo eléctrico para llevar el electrón desde un punto P1, situado a $5{,}2.10^{-11}$m. Del núcleo, a otro punto P2 situado a 8.10^{-11} m del núcleo. Comenta el signo del trabajo.
    Datos: K,G,me,mp,qe y qp

Sol: b) Fe=$8{,}52.10^{-8}$N; Fg= $3{,}83.10^{-47}$ N; c) W=$-1{,}55.10^{-18}$ J.

12. Dadas dos cargas eléctricas, una de 100 μC, situada en A(-3,0) y otra de 50 μC situada en B(3,0), (las coordenadas están expresadas en metros), calcula:

a) El campo eléctrico y el potencial en el punto O(0,0).

b) El trabajo que hay que realizar para trasladar una carga de –2 C desde el infinito hasta O(0,0).
Datos: K= 9.10^9 U.I.
Sol: a) E = 1,5x105 N/C; V= 4,5x105 V; b) W= 9x105 J.

13. Dos cargas puntuales positivas e iguales (+Q) se encuentran en el eje X. Una de ellas está en el punto (-a,0) y la otra en el punto (a,0). Calcula:
a) La intensidad del campo eléctrico y el potencial electrostático en el origen de coordenadas.
b) Si además de las anteriores se coloca una tercera carga de valor -2Q en x = -2a, ¿cuáles serían los nuevos valores del campo y el potencial?
Datos: K
Sol: a) $E = -K\frac{Q}{a^2}.i + K\frac{Q}{a^2}i = o$; $V = 2\frac{K.Q}{a}$
b) $E = -\frac{K.Q}{2.a^2}i$; $V = \frac{K.Q}{a}$

14. Dos cargas puntuales iguales, de $-1{,}2.10^{-6}$ C cada una, están situadas en los puntos A(0,8)m y B(6,0) m. Una tercera carga, de $-1{,}5.10^{-6}$ C, se sitúa en el punto P(3,4) m.
a) Representa en un esquema las fuerzas que se ejercen entre las cargas y calcula la resultante sobre la tercera carga.
b) Calcula la energía potencial de dicha carga.
Dato: K = $9\text{x}10^9$ $N.m^2.C^{-2}$
Sol: a) $F_R = 0$; b) Ep = $6{,}48.10^{-3}$J

Campo eléctrico y gravitatorio

15. **b)** Determine la carga negativa de una partícula, cuya masa es 3,8 g, para que permanezca suspendida en un campo eléctrico de 4500 N C^{-1}. Haga una representación gráfica de las fuerzas que actúan sobre la partícula.g = 9,8 m s^{-2} **(Septiembre 2017)**

16. **b)** Dos pequeñas esferas cargadas están separadas una distancia de 5 cm. La carga de una de las esferas es cuatro veces la de la otra y entre ambas existe una fuerza de atracción de 0,15 N. Calcule la carga de cada esfera y el módulo del campo eléctrico en el punto medio del segmento que las une. **(Septiembre 2017)**
K = $9\text{x}10^9$ N m^2 C^{-2}

17. Una partícula de 20 g y cargada con $-2\text{x}10^{-6}$ C, se deja caer desde una altura de 50 cm. Además del campo gravitatorio, existe un campo eléctrico de $2\text{x}10^4$ V/m en dirección vertical y sentido hacía abajo.
a) Dibuje un esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula y determine la aceleración con la que cae. ¿Con qué velocidad llegará al suelo?
b) Razone si se conserva la energía mecánica de la partícula durante su movimiento. Determine el trabajo que realiza cada fuerza a la que esta sometida la partícula.
Datos: g **(Septiembre 2014)**

18. Dos partículas de 25 g y con igual carga eléctrica se suspenden en un mismo punto mediante hilos inextensibles de masa despreciable y 80 cm de longitud. En la situación de equilibrio los hilos forman 45° con la vertical.
    a) Haga un esquema de las fuerzas que actúan sobre cada partícula.
    b) Calcule la carga de las partículas y la tensión de los hilos.
    Datos: K=9x10^9 Nm^2/C^2; g=9,8 m/s^2 **(Reserva A Septiembre 2013)**

19. Una pequeña esfera de 5x10^{-3} kg y carga eléctrica q cuelga del extremo inferior de un hilo aislante, inextensible y de masa despreciable, de 0,5 m de longitud. Al aplicar el campo eléctrico horizontal de 2x10^2 V/m el hilo se separa de la vertical hasta formar un ángulo de 30°.
    a) Dibuje en un esquema las fuerzas que actúan sobre la esfera y determine el valor de la carga q.
    b) Haga un análisis energético del proceso y calcule el cambio de energía potencial de la esfera.
    Datos: g=10 **(Septiembre 2010)**

20. Una bolita de 1 g, cargada con 5x10^{-6}C, pende de un hilo que forma 60° con la vertical en una región en la que existe un campo eléctrico uniforme en la dirección horizontal.
    a) Explique con la ayuda de un esquema que fuerzas actúan sobre la bolita y calcule el valor del campo eléctrico.
    b) Razone que cambios experimentaría la situación si: i) se duplicara el campo eléctrico, ii) se duplicara la masa de la bolita.
    g=10 m/s^2 **(2009)**

21. Una bolita de plástico de 2 g se encuentra suspendida de un hilo de 20 cm de longitud y, al aplicar un campo eléctrico uniforme y horizontal de 1000 N C^{-1}, el hilo forma un ángulo de 15° con la vertical.
    a) Dibuje en un esquema el campo eléctrico y todas las fuerzas que actúan sobre la esfera y determine su carga eléctrica.
    b) Explique cómo cambia la energía potencial de la esfera al aplicar el campo eléctrico. g = 10 m s^{-1} **(Junio 2008)**

22. Una partícula de masa m y carga –10^{-6}C se encuentra en reposo al estar sometida al campo gravitatorio terrestre y a un campo eléctrico uniforme E = 100 N C^{-1} de la misma dirección.

a) Haga un esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula y calcule su masa.
b) Analice el movimiento de la partícula si el campo eléctrico aumentara a 120 N C^{-1} y determine su aceleración. g = 10 m s^{-2}
(Junio 2007)

23. Una bola de caucho de 2 g de masa, está suspendida de una cuerda de 20 cm. De longitud y de masa despreciable en un campo eléctrico cuyo valor es E= 103i N/C. Si la bola está en equilibrio cuando la cuerda forma un ángulo de 15° con la vertical, ¿cuál es la carga neta de la bola?
    Sol: q = 5,25 μC

24. Una bola de 0,2 g de masa y carga de 5.10^{-6} C está suspendida por un hilo en el interior de un campo eléctrico de intensidad E = -200k N/C. Determina la tensión del hilo en los siguientes casos:
a) Si la carga es positiva.
b) Si la carga es negativa.
c) Si pierde la carga.
Sol: a) $2{,}96\text{x}10^{-3}$ kN; b) $0{,}96\text{x}10^{3}$ kN; c) $1{,}96\text{x}10^{-3}$ kN.

25. Una pequeña esfera de 0,2 g. de masa pende de un hilo entre dos láminas paralelas verticales separadas 8 cm. La esfera tiene una carga de 5.10^{-9} C, y el hilo forma un ángulo de 30 grados con la vertical.
a) Realiza un diagrama con las fuerzas que actúan sobre la esfera.
b) ¿Qué campo eléctrico actúa sobre la esfera? ¿Cuál es la diferencia de potencial entre las láminas?
Sol: b) E= $2{,}26.10^{5}$ N/C; c) $\Delta V = 1{,}81.10^{4}$ V.

26. En las proximidades de la superficie terrestre se aplica un campo eléctrico uniforme. Se observa que al soltar una partícula de 2g cargada con 5.10^{-5} C, permanece en reposo.
a) Determina razonadamente las características del campo eléctrico (módulo, dirección y sentido).
b) Explica que ocurriría si la carga fuera: I) 10^{-4} C II) -5.10^{-5}C
Sol: a) E = 392 N/C b) I) La partícula se alejará de la Tierra, II) La partícula será atraída por la Tierra con F=$3{,}92.10^{-4}$N.

Movimiento de partículas cargadas

27. **b)** Dos partículas idénticas con carga $q = + 5\cdot10^{-6}$ C están fijas en los puntos (0,-3) m y (0,3) m del plano XY. Si, manteniendo fijas las dos partículas, se suelta una tercera partícula con carga $Q = - 2\cdot10^{-8}$ C y masa $m = 8\cdot10^{-6}$ kg en el punto (4,0) m, calcule el módulo de la velocidad con la que llega al punto (0,0). Datos: K=$9\text{x}10^{9}$ Nm^2/C^2 **(Julio 2021)**

28. Una partícula con carga $2\text{x}10^{-6}$ C se encuentra en reposo en el punto (0,0). Se aplica un campo eléctrico uniforme de 500 N/C en el sentido positivo del eje OY.
a) Describa el movimiento seguido por la partícula y la transformación de energía que tiene lugar a lo largo del mismo.
b) Calcule la diferencia de potencial entre los puntos (0,0) y (0,2) m y el trabajo realizado para desplazar la partícula entre dichos puntos.
Datos: K=$9\text{x}10^{9}$ Nm^2/C^2 **(Reserva A Junio 2013)**

29. Un electrón se mueve con una velocidad $2\text{x}10^{6}$ m/s y penetra en un campo eléctrico de 400 N/C , de igual dirección y sentido que su velocidad.
a) Explique como cambia la energía del electrón y calcule la distancia que recorre antes de detenerse.
b) ¿Qué ocurriría si fuese un positrón? Razone la respuesta. **(Junio 2012)**

Datos: $m=9{,}1\times10^{-31}$ kg y $e=1{,}9\times10^{-19}$C.

30. Una partícula de una carga 2×10^{-6} C se encuentra en reposo en el punto (0,0) se aplica un campo eléctrico uniforme de 100 N/C, dirigido en el sentido positivo del eje X.
a) Describa razonadamente la trayectoria seguida por la partícula hasta el instante en que se encuentra en un punto A, situado a 4 m del origen. Razone si aumenta o disminuye la energía potencial de la partícula en dicho desplazamiento y en que se convierte dicha variación de energía.
b) Calcule el trabajo realizado por la fuerza que actúa sobre la partícula en el desplazamiento entre el origen y el punto A y la diferencia de potencial eléctrico entre ambos puntos. **(2011)**

31. Una partícula de 5×10^{-3} kg y carga eléctrica $q=-6\times10^{-6}$ C se mueve con una velocidad de 0,2 m/s en el sentido positivo del eje X y penetra en la región $x>0$, en la que existe un campo eléctrico uniforme de 500 N/C dirigido en el sentido positivo del eje Y.
a) Describa con ayuda de un esquema, la trayectoria seguida por la partícula y razone si aumenta o disminuye la energía potencial de la partícula en su desplazamiento.
b) Calcule el trabajo realizado por el campo eléctrico en el desplazamiento de la partícula desde el punto (0,0) m hasta la posición que ocupa 5 s más tarde.
Datos:g=10 **(2010)**

32. Una partícula de masa m y carga -10-6 C se encuentra en reposo al estar sometida al campo gravitatorio terrestre y a un campo eléctrico uniforme $E = 100\ N\ C^{-1}$ de la misma dirección.
a) Haga un esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula y calcule su masa.
b) Analice el movimiento de la partícula si el campo eléctrico aumentara a 120 $N\ C^{-1}$ y determine su aceleración.
$g = 10\ m\ s^{-2}$ **(2007)**

33. Una partícula con carga 2×10^{-6} C se encuentra en reposo en el punto (0,0). Se aplica un campo eléctrico uniforme de 500 $N\ C^{-1}$ en el sentido positivo del eje OY.
a) Describa el movimiento seguido por la partícula y la transformación de energía que tiene lugar a lo largo del mismo.
b) Calcule la diferencia de potencial entre los puntos (0,0) y (0,2) m y el trabajo realizado para desplazar la partícula entre dichos puntos. **(Junio 2006)**

34. Una partícula de 6 μC se encuentra en reposo en el punto (0,0). Se aplica un campo eléctrico uniforme de 500 N/C, dirigido en sentido positivo del eje OX:
a) Describe la trayectoria seguida por la partícula hasta el instante en que se encuentra en el punto A, situado a 2m del origen. ¿Aumenta o disminuye la energía potencial de la partícula en dicho desplazamiento? ¿En qué se convierte dicha variación de energía?.
b) Calcula el trabajo realizado por el campo en el desplazamiento de la partícula y la diferencia de potencial entre el origen y el punto A.
Sol: b) $W = 6.10^{-3}$ j.