

1

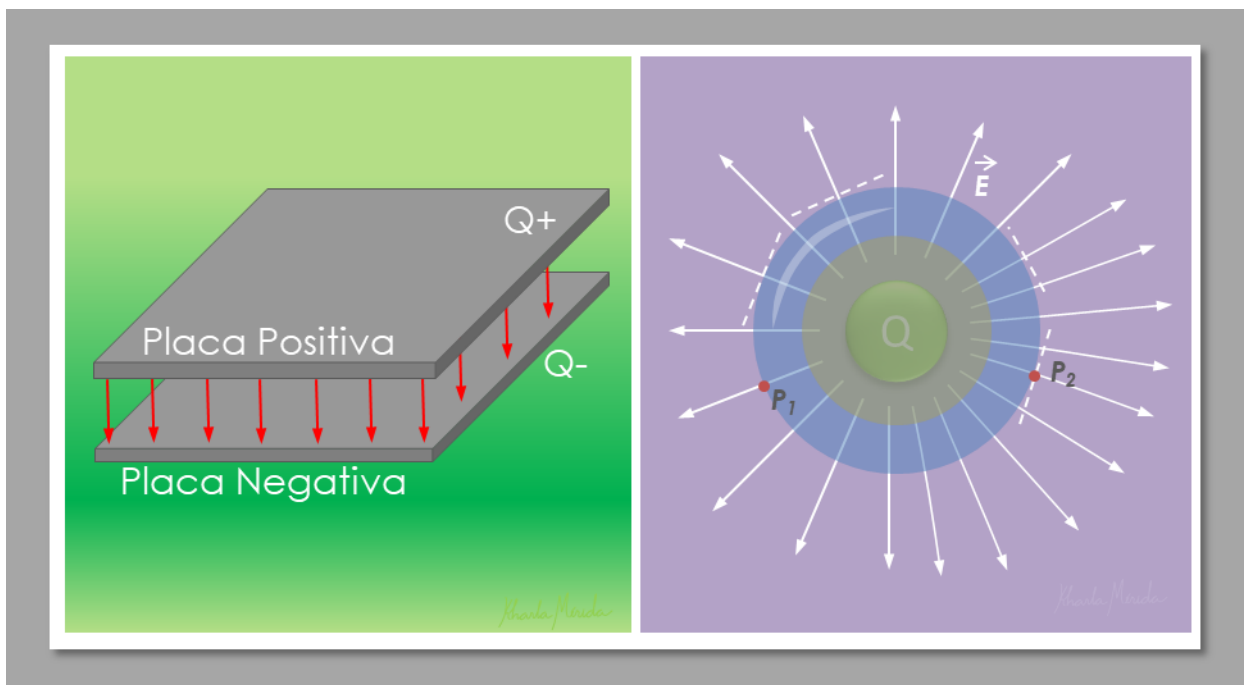
1ra Unidad

Electricidad y Magnetismo

1.4 Energía Potencial Eléctrica

El orden

Descripción



Esta sección nos lleva desde conceptos físicos fundamentales, que serán el soporte para entender y manejar cada concepto, propiedad y ley física del resto de nuestros estudios en esta área, hasta ejercicios de conversión de unidades que sirvan de referencia para desarrollar nuestra práctica con satisfacción.

Al final cuentas con un grupo de ejercicios propuestos, y sus respuestas, para que complementes la información teórica-práctica recibida, con la oportunidad de ponerte en acción para fijarla en tu mente.

Conocimientos Previos Requeridos

Simplificación de Potencia, Operaciones de Unidades, Conversión de Unidades, Vectores, Fuerza Eléctrica, Ley de Coulomb, Campo Eléctrico.

Contenido

Energía Potencial Eléctrico, Potencial Eléctrico, Diferencia de Potencial Eléctrico, Ejercicios.

Guiones Didácticos

Guiones Didácticos

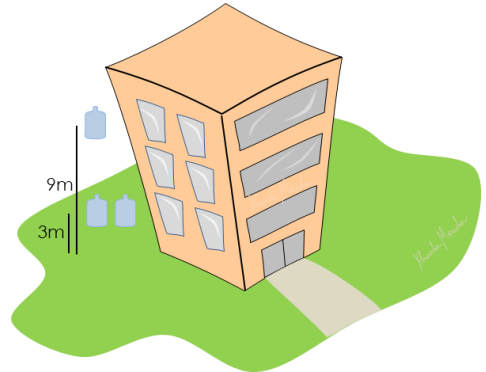
▶ ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Energía Potencial Eléctrica y Potencial Eléctrico.

Visualicemos la siguiente situación:

Dos repartidores despachan botellones de agua a distintos pisos de un edificio.

Si el repartidor más antiguo lleva dos botellones por viaje y el repartidor nuevo lleva un botellón por vez. ¿Cuál realiza más trabajo por piso?

Si el repartidor más antiguo reparte a los del 1er piso, y el repartidor nuevo a los del 3er piso, y hay 3 m de altura en cada piso, ¿Cuál realiza más trabajo?



En **Física de 3er año** aprendimos que el trabajo realizado por una fuerza que actúa en la misma dirección del desplazamiento es el producto de la fuerza por el desplazamiento: $W = F \cdot d$.

Si el peso de un botellón es B Newton, el trabajo realizado por cada uno por piso es:

El repartidor antiguo carga dos botellones:

$$W = 2B \text{ N} \cdot 3\text{m}$$

$$W = 6B \text{ joule}$$



El repartidor nuevo carga un botellón:

$$W = B \text{ N} \cdot 3\text{m}$$

$$W = 3B \text{ joule}$$



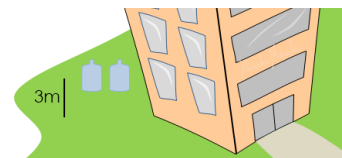
1ra Observación: A mayor fuerza mayor trabajo

Despechando a diferentes pisos:

El repartidor antiguo carga dos botellones al 1er piso:

$$W = 2B \text{ N} \cdot 3\text{m}$$

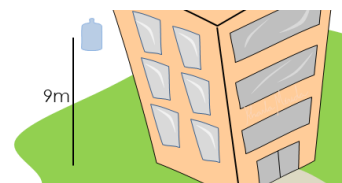
$$W = 6B \text{ joule}$$



El repartidor nuevo carga un botellón al 3er piso:

$$W = B \text{ N} \cdot 3(3\text{m})$$

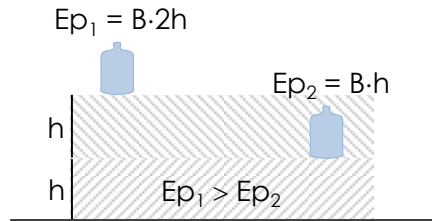
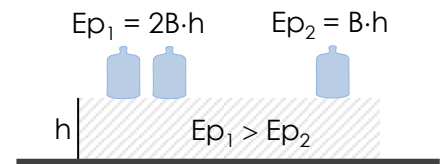
$$W = 9B \text{ joule}$$



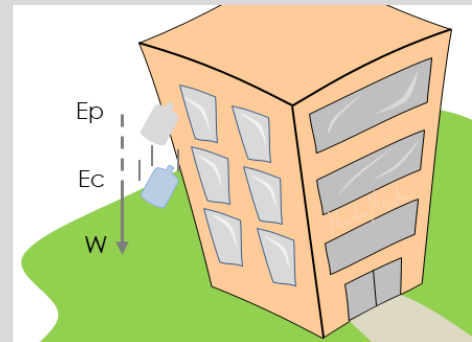
2da Observación: A mayor distancia de la superficie mayor trabajo realizado

Como **el trabajo realizado para subir un cuerpo de peso determinado es equivalente a la energía potencial que adquiere el cuerpo**, podemos concluir que:

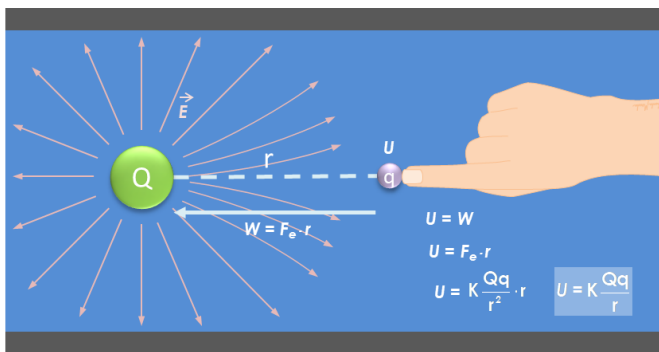
- Para una misma altura (distancia del suelo), a mayor peso mayor energía potencial.
- A mayor distancia del suelo mayor es la energía potencial adquirida por un cuerpo.



Si soltamos un botellón en el aire desde una ventana del 3er piso, caerá gracias a la acción de la fuerza gravitacional. La energía potencial adquirida por estar a esa altura se transforma en movimiento (energía cinética), y al llegar al suelo, toda la energía inicial es equivalente al trabajo realizado por la fuerza gravitacional.



Llevaremos este análisis a otro campo tan interesante como el gravitacional, el Campo Eléctrico.



Para movilizar una carga de prueba, q , desde el infinito hacia un punto del interior del campo eléctrico, se debe aplicar una fuerza externa que realiza un trabajo en contra de las fuerzas eléctricas del campo.

Este **Trabajo** es equivalente a la **Energía Potencial Eléctrica, U** , de la carga de prueba, q .

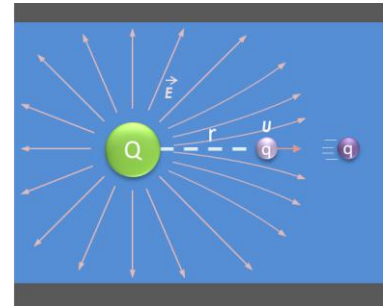
Nota: Entendamos por infinito un lugar muy alejado donde la influencia del campo eléctrico de una carga generadora, Q , es nulo.

Energía Potencial Eléctrica. Capacidad para realizar un desplazamiento dentro de un campo eléctrico a causa de las fuerzas eléctricas en él.

$$U = K \frac{Qq}{r}$$

Si soltamos la carga de prueba q , en un punto dentro del campo generado por Q , se moverá por acción de las fuerzas eléctricas del campo, en la dirección de éste.

La energía potencial eléctrica inicial se transforma en movimiento y finalmente en trabajo realizado para desplazar la carga de prueba.



Como **el trabajo realizado para mover una carga de prueba es equivalente a la energía potencial eléctrica de ésta**, podemos concluir que:

Para una misma distancia a la carga generadora, **a mayor valor de la carga de prueba, mayor es la energía potencial eléctrica.**

Para efectos del estudio de un campo eléctrico y sus propiedades se hizo necesario definir una nueva cantidad física

Potencial Eléctrico, V. Energía Potencial Eléctrica por unidad de carga.

$$V = \frac{U}{q}$$

Potencial Eléctrico, V, de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual Q.

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

Esta cantidad es escalar y considera la energía potencial eléctrica en un punto específico del campo eléctrico generado por una carga Q , respecto a la unidad de carga.

Lo que nos da el potencial eléctrico para cualquier cantidad o valor de cargas, o para ninguna carga de prueba, mide una propiedad del espacio correspondiente al campo eléctrico.

La unidad de medida del potencial eléctrico es el volt, V, en honor al físico italiano Alessandro Volta. A este caballero debemos la creación de la pila eléctrica.

$$V = \frac{U}{q} \rightarrow \frac{J}{C}$$

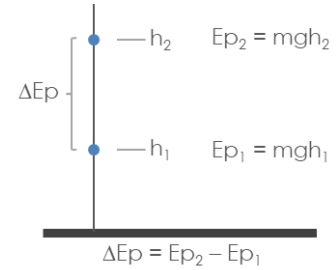
¿Cómo se interpreta esta cantidad?

Un potencial de 110 V significa:

En ese punto una carga de 1 C adquiere una energía de 110 J.

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico.

Una vez más partiremos de la observación del fenómeno Campo Gravitacional para llegar a la visión del Campo Eléctrico, por lo cotidiano y fácilmente verificable de este fenómeno natural.

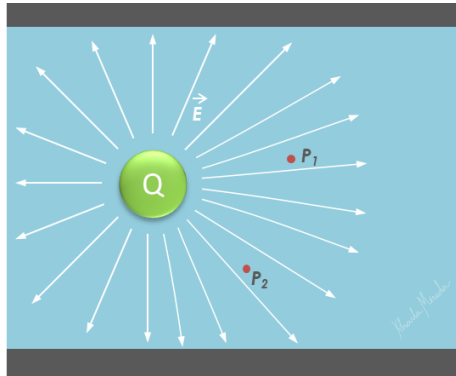


Entre dos puntos de un campo eléctrico se tiene energías potenciales eléctricas distintas y en consecuencia existe Diferencia de Potencial.

Diferencia de Potencial. Es el trabajo, W , realizado por un agente externo por unidad de carga para desplazar una carga, q , entre dos puntos de un campo eléctrico.

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

Independientemente de la trayectoria seguida de un punto a otro.



Sabemos que el trabajo realizado para mover la carga de un punto a otro es equivalente a la diferencia de energía potencial eléctrico entre ellos, $W = \Delta U$.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$$

Entonces, la variación de energía potencial de una carga, q , que se mueve entre dos puntos del espacio que están a diferente potencial, es:

$$\Delta U = U_f - U_i$$

$$\Delta U = q \cdot \Delta V$$

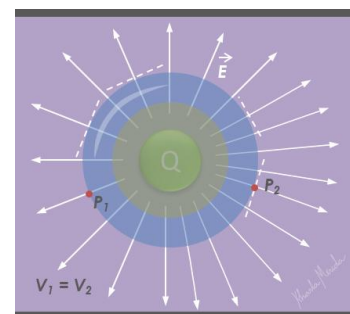
Nota:

- Si el trabajo es realizado por el campo eléctrico, la energía potencial disminuye, y el trabajo realizado es positivo.
- Si el trabajo es realizado por un agente externo, en contra del sentido del campo, la energía potencial aumenta y el trabajo realizado es negativo.

Superficies Equipotenciales. Son superficies formadas por puntos con igual potencial eléctrico.

Nota:

- Una partícula eléctrica que se mueve en una misma superficie equipotencial, no experimenta cambios de energía potencial.
- Las Líneas de campo son perpendiculares a las superficies equipotenciales.



Diferencia de Potencial en Un Campo Eléctrico Uniforme.

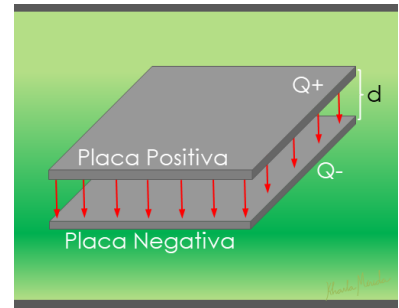
En el objetivo anterior (**1.3 Campo Eléctrico**) aprendimos que los **Campos Eléctricos Uniformes** son los que tienen el mismo módulo dirección y sentido en cada punto del espacio.

Para determinar la diferencia de potencial entre dos puntos del interior de un campo eléctrico uniforme tenemos:

$$\Delta V = E \Delta x$$

Para el caso de un **Condensador de Placas Planas** tenemos que entre sus placas **la diferencia de potencial eléctrico (diferencia de voltaje)** está en función de la distancia que separa las placas, d , y del valor del campo entre ellas, E .

$$\Delta V = E \cdot d$$



▶ ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicios 1 y 2

E1: En un punto de un campo eléctrico, una carga eléctrica de $15 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, adquiere una energía potencial de $90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. Determinar el valor del Potencial Eléctrico en ese punto.

Lo primero que haremos es interpretar el enunciado para extraer los datos.

Datos

En un punto de un campo eléctrico, una carga eléctrica de $15 \cdot 10^{-8} \text{ C}$. Esta parte del enunciado nos da el valor de la carga de prueba.

$$q = 15 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

adquiere una energía potencial de $90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. Esto nos indica la energía potencial.

$$U = 90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Determinar el valor del Potencial Eléctrico en ese punto. Esto nos indica que la incógnita es el Potencial Eléctrico, V .

$$V = ?$$

Fórmulas

Energía Potencial:
$$U = K \frac{Qq}{r}$$

Potencial Eléctrico, conociendo la carga de prueba y su Energía Potencial

$$V = \frac{U}{q}$$

Potencial Eléctrico de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual Q :

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

Para este caso usaremos la 2da Fórmula, que nos da el potencial eléctrico de una carga de prueba conociendo su energía potencial.

Sustituimos los valores conocidos:

$$q = 15 \cdot 10^{-8} \text{ C} \quad U = 90 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Efectuamos las operaciones:

$$V = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$V = \frac{90 \cdot 10^{-4} \text{ J}}{15 \cdot 10^{-8} \text{ C}}$$

$$V = 6 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

E2: Hallar el potencial eléctrico en un punto situado a una distancia de 25 centímetros de un conductor que tiene un exceso de carga positiva de +3nC.

Lo primero que haremos es interpretar el enunciado para extraer los datos.

Datos

Hallar el potencial eléctrico. Esta parte del enunciado nos indica que la incógnita es el potencial eléctrico.

$$V = ?$$

en un punto situado a una distancia de 30 centímetros de un conductor. Esto nos da la distancia a la carga generadora.

$$r = 30 \text{ cm}$$

que tiene un exceso de carga positiva de +5nC. Esto nos indica la carga generadora.

$$Q = +5 \cdot \text{nC}$$

Fórmulas

Energía Potencial: $U = k \frac{Qq}{r}$

Potencial Eléctrico, conociendo la carga de prueba y su Energía Potencial

$$V = \frac{U}{q}$$

Potencial Eléctrico de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual Q :

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

Para hallar el Potencial Eléctrico usaremos la 3ra Fórmula, que nos da el potencial eléctrico en un punto ubicado a una distancia dada de una carga generadora conocida.

Sustituimos los valores:

$$r = 30 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m} \quad Q = +5 \cdot \text{nC} = +5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$V = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2} \frac{5 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{3 \cdot 10^{-1} \text{ m}}$$

Simplificamos unidades, potencias de 10:

$$V = 9 \text{ NmC}^{-1} \frac{5}{3 \cdot 10^{-1}}$$

Efectuamos las operaciones:

$$V = 150 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

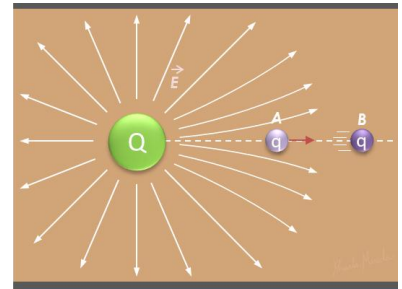
$$V = 150 \text{ V}$$



ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicio 3

E3: Una carga de prueba se mueve del punto A al B por la acción de fuerzas eléctricas de un campo generado por la carga $Q = 4 \mu\text{C}$. Determinar:

- La Diferencia de Potencial ΔV_{AB} , si las distancias del punto A y el punto B a la carga Q son de 20cm y 40cm respectivamente.
- El valor del trabajo realizado por el campo eléctrico para mover la carga de prueba $q = 9\text{nC}$ desde el punto A al punto B.



Lo primero que haremos es interpretar el enunciado para extraer los datos.

Datos

Una carga de prueba se mueve del punto A al B. Esto indica un cambio de ubicación por tanto un cambio de energía potencial y en consecuencia una Diferencia de potencial.

$$V_A, V_B \rightarrow \Delta V_{AB}$$

por la acción de fuerzas eléctricas de un campo generado por la carga $Q = 4\mu\text{C}$. Esto nos da el valor de la carga generadora.

$$Q = 4\mu\text{C}$$

Determinar la diferencia de Potencial ΔV_{AB} . Una de las incógnitas es la diferencia de potencial

$$\Delta V_{AB} = ?$$

si las distancias del punto A y el punto B a la carga Q son de 20cm y 40cm respectivamente. Distancias de ambas ubicaciones a la carga generadora.

$$r_A = 20\text{cm}$$

$$r_B = 40\text{cm}$$

Determinar el valor del trabajo realizado por el campo eléctrico. Segunda incógnita, trabajo realizado por el campo, W.

$$W_{AB} = ?$$

para mover la carga de prueba $q = 9\text{nC}$ desde el punto A al punto B. Valor de la carga de prueba.

$$q = 9\text{nC}$$

Fórmulas

Energía Potencial: $U = k \frac{Qq}{r}$

Potencial Eléctrico, conociendo la carga de prueba y su Energía Potencial

$$V = \frac{U}{q}$$

Potencial Eléctrico de un Campo Eléctrico creado por una carga puntual Q :

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

Diferencia de Potencial Eléctrico:

$$\Delta V = \frac{W}{q}$$

Variación de Energía Potencial Eléctrica: $\Delta U = q \cdot \Delta V$

1ra incógnita, ΔV : usaremos la tercera fórmula para hallar el potencial eléctrico en A y en B, y luego la diferencia.

2da incógnita, W_{AB} : usaremos la cuarta fórmula, y despejamos W.

Sustituimos los valores conocidos:

$$Q = 4\mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6}\text{C} \quad r_A = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$$

$$Q = 4\mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6}\text{C} \quad r_B = 40\text{cm} = 0,4\text{m}$$

$$V_A = 9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \frac{4 \cdot 10^{-6}\text{C}}{2 \cdot 10^{-1}\text{m}}$$

$$V_B = 9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \frac{4 \cdot 10^{-6}\text{C}}{4 \cdot 10^{-1}\text{m}}$$

$$V_A = 18 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$V_B = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

Diferencia de Potencial: $\Delta V = V_{\text{partida}} - V_{\text{llegada}} = V_A - V_B$

$$\Delta V = 18 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}} - 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$\Delta V = 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$\Delta V = 9 \cdot 10^4 \text{V}$$

Entre A y B hay una diferencia de potencial de $9 \cdot 10^4 \text{V}$

Para hallar el trabajo despejamos de la 4ta fórmula W:

$$\Delta V = \frac{W}{q} \longrightarrow W = q \cdot \Delta V$$

Sustituimos los valores conocidos:

$$\Delta V = 9 \cdot 10^4 \text{V} \quad q = 9\text{nC} = 9 \cdot 10^{-9}\text{C}$$

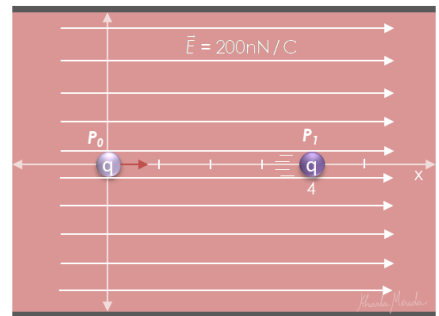
$$W = 9 \cdot 10^{-9}\text{C} \cdot 9 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$W = 81 \cdot 10^{-5} \text{J}$$

▶ ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO. Diferencia de Potencial Eléctrico. Ejercicios 4

E4: En un campo eléctrico uniforme de 200 N/C y dirigido en x , se deja en libertad una carga puntual $q = 3\mu\text{C}$, inicialmente en reposo, en el origen.

- ¿Cuál es la energía cinética de la carga cuando esté en $x = 4 \text{ m}$?
- ¿Cuál es la variación de energía potencial de la carga de $x = 0$ a $x = 4\text{m}$?
- ¿Cuál es la diferencia de potencial $V(4\text{m}) - V(0)$?



Interpretamos el enunciado para extraer los datos.

Datos

En un campo eléctrico uniforme de 200 N/C y dirigido en x . Esto nos da el módulo y dirección del campo eléctrico:

$\vec{E} = 200 \text{ nN/C}$
dirigido en x

se deja en libertad una carga puntual $q = 3\mu\text{C}$. Valor de la carga de prueba.

$$Q = 4\mu\text{C}$$

inicialmente en reposo, en el origen. Energía cinética inicial y punto de partida.

$$E_{c_0} = 0, \quad P_0(0, 0)$$

¿Cuál es la energía cinética de la carga en $x = 4\text{m}$? Primera incógnita, E_{c_1}

$$E_{c_1} = ?$$

¿Cuál es la variación de energía potencial $U(4\text{m}) - U(0\text{m})$? Segunda incógnita, $U(4\text{m}) - U(0\text{m})$.

$$U(4\text{m}) - U(0\text{m}) = ?$$

¿Cuál es la diferencia de potencial $V(4\text{m}) - V(0)$? Tercera incógnita, $V(4\text{m}) - V(0)$.

$$V(4\text{m}) - V(0) = ?$$

Organizaremos el proceso por incógnita, presentando las fórmulas necesarias en cada una, incluyendo las aprendidas en niveles u objetivos anteriores.

1ra Incógnita

Fórmulas y estrategia

Intensidad de Campo Eléctrico sobre una Carga

Despejando F hallamos el valor de la fuerza eléctrica que actúa sobre q provocando su desplazamiento.

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

Definición de Trabajo:

Con el módulo del desplazamiento hallamos el trabajo realizado por el campo eléctrico.

$$W = F \cdot d$$

Relación Trabajo-Energía Cinética:

Como no hay fuerzas externas actuando sobre q , se cumple que la variación de la energía cinética es igual al trabajo realizado por el campo eléctrico, con $E_{c_i} = 0$.

$$W = \Delta E_c$$

$$E_{c_f} - E_{c_i} = W$$

$$E_{c_f} = W$$

Hallando F

Sustituimos valores conocidos en la fórmula de intensidad de campo eléctrico despejada para F .

$$F = E \cdot q$$

$$F = 200\text{n} \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

Simplificando unidades y efectuamos los cálculos

$$F = 6 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

Hallando W

Sustituimos valores conocidos en la fórmula de W .

$$W = F \cdot d$$

efectuamos los cálculos y obtenemos W .

$$W = 6 \cdot 10^{-4} \text{N} \cdot 4\text{m}$$

$$W = 24 \cdot 10^{-4} \text{N} \cdot \text{m}$$

Hallando Ecf

Sustituimos W en la relación de trabajo y energía.

efectuamos los cálculos y obtenemos W.

$$E_{cf} = W$$

$$E_{cf} = 24 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

2da Incógnita

Sabemos que:

- Diferencia de energía potencial eléctrica es: $\Delta U = U_i - U_f$,
- $U_i = U(0m)$ y $U_f = U(4m)$

Entonces: $\Delta U = U_i - U_f$

$$\Delta U = U(0m) - U(4m)$$

Multiplicando ambos lados de la igualdad por -1

$$-\Delta U = U(4m) - U(0m)$$

Ordenando:

$$U(4m) - U(0m) = -\Delta U$$

También Sabemos que: $\Delta U = W$

$$U(4m) - U(0m) = -W$$

Sustituimos $W = 24 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ en la ecuación.

$$U(4m) - U(0m) = -24 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

3ra Incógnita

Diferencia de Potencial $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$

$$\Delta V = \frac{-24 \cdot 10^{-4} \text{ J}}{3 \cdot 10^{-6} \text{ C}}$$

$$\Delta V = -8 \cdot 10^2 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

Emparejando el Lenguaje

Energía Potencial Eléctrica. Capacidad para realizar un desplazamiento dentro de un campo eléctrico a causa de las fuerzas eléctricas en él.

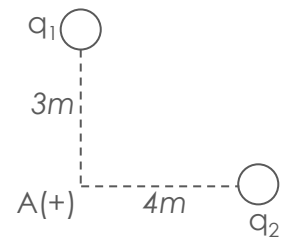
Potencial Eléctrico, V . Energía Potencial Eléctrica por unidad de carga.

Diferencia de Potencial. Es el trabajo, W , realizado por un agente externo por unidad de carga para desplazar una carga, q , entre dos puntos de un campo eléctrico.

Superficies Equipotenciales. Son superficies formadas por puntos con igual potencial eléctrico.

A Practicar

1. Cuánto vale el potencial eléctrico en un punto situado a 25cm de un conductor cuya carga es de + 3 nC.
2. Una carga $q_1 = 2\mu\text{C}$ está ubicada en el origen.
 - a. ¿Cuál es el potencial eléctrico V en un punto a 4m del origen?
 - b. ¿Cuál es la energía potencial cuando se coloca una carga $q_2 = +3\mu\text{C}$ en $r = 4\text{m}$?
 - c. ¿Cuánto trabajo debe ser realizado por un agente exterior para llevar la carga q_2 desde el infinito hasta $r = 4\text{m}$, considerando que q_1 se mantiene fija en el origen?
 - d. ¿Cuánto trabajo debe ser realizado por un agente exterior para llevar la carga q_1 desde el infinito hasta el origen si q_2 se mantiene fija en $r = 4\text{m}$?
3. Dos cargas puntuales $q_1 = +2 \cdot 10^{-9}\text{C}$ y $q_2 = -25 \cdot 10^{-9}\text{C}$ se encuentran situadas en los vértices del triángulo rectángulo (ver figura). Hallar: a) La intensidad del campo eléctrico en el vértice A b) El potencial en el vértice A.



Preguntas de análisis

1. ¿A dónde tienden a moverse las cargas positivas colocadas en libertad dentro de un campo eléctrico?
2. ¿A dónde tienden a moverse las cargas negativas colocadas en libertad dentro de un campo eléctrico?
3. ¿Qué forma tienen las superficies equipotenciales de un campo eléctrico creado por una carga puntual?

Lo Hicimos Bien

1. 108 V
2.
 - a. $4,5 \cdot 10^3$ V
 - b. $U = 13,5 \cdot 10^{-3}$ J
 - c. $W = -13,5 \cdot 10^{-3}$ J (el trabajo realizado por un agente externo va en contra del campo y es negativo)
 - d. Esta situación es equivalente a la situación de la pregunta anterior.
 $W = -13,5 \cdot 10^{-3}$ J
3. 16,17 N/C, b) 62,25 V.

Respuestas de Preguntas de análisis

1. Las cargas positivas dentro de un campo eléctrico tienden a moverse en el sentido en el que decrecen los potenciales.
2. Las cargas negativas dentro de un campo eléctrico tienden a moverse en el sentido en el que aumentan los potenciales.
3. Como $V = k \cdot q / r$, para valores de r iguales tenemos potenciales iguales. Esto ocurre cuando la superficie es una esfera.