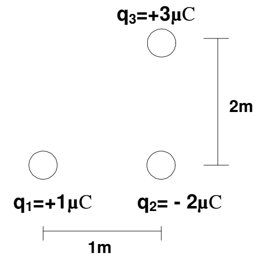
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Departamento de Física
Ing. Claudia Contreras

Material de Estudio No.3

POTENCIAL DE CARGAS PUNTUALES Y ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA

1. La energía potencial mutua del sistema de partículas (en J) que se muestra en la figura es de:



a) 0.0571	**b) -0.0329**	c) -0.0571	d)0.0329	e)0.0211

Solución: La energía potencial eléctrica del sistema está dada por:

$$U = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$$

En donde $r_{12} = 1$, $r_{13} = \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = 2.236$ $r_{23} = 2$ por lo que al sustituir valores tenemos:

$$U = 9 \times 10^9 \left[\frac{(1 \times 10^{-6})(-2 \times 10^{-6})}{1} + \frac{(1 \times 10^{-6})(+3 \times 10^{-6})}{2.236} + \frac{(-2 \times 10^{-6})(+3 \times 10^{-6})}{2}\right]$$

$$U = -0.0329\, Joules$$

---

2. Refiriéndonos al problema anterior, calcule el potencial en kV, donde se encuentra ubicada la carga q2:

a)-10.33	b) -22.5	c) 10.33	**d)22.5**	e)NEC

Solución: el potencial donde se encuentra ubicada la carga dos es debido al potencial de la carga uno, más el potencial de la carga tres en ese punto.

$$V = V_1 + V_3 = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_3}{r_3}$$

Donde $r_1 = 1$ y $r_3 = 2$ por lo tanto al sustituir valores será:

$$V = 9 \times 10^9 \left(\frac{1 \times 10^{-6}}{1} + \frac{3 \times 10^{-6}}{2}\right) = 22.5kV$$

---

3. Dos cargas idénticas de magnitud Q están inicialmente separadas una distancia "X", si se desea que su separación sea de "2X" ¿Cuál de las siguientes expresiones permite calcular el trabajo (en unidades SI) que deberá realizar un agente externo?

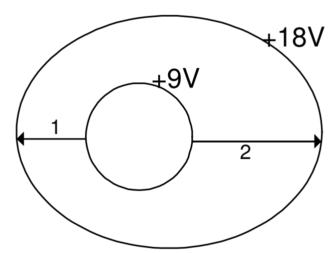
a) $\frac{-Q}{8\pi\varepsilon_o X^2}$	b) $\frac{+Q}{8\pi\varepsilon_o X^2}$	c) $\frac{+Q^2}{4\pi\varepsilon_o X}$	d) $\underline{\frac{-Q^2}{8\pi\varepsilon_o X}}$	e) $\frac{-Q^2}{4\pi\varepsilon_o X^2}$

Solución: El trabajo realizado por un agente externo es el cambio de energía potencial. Consideremos al inicio, las cargas separadas una distancia "X" y su estado final cuando se encuentran separadas una distancia "2X":
Por lo que:

$$W_{ext} = \Delta U = U_f - U_o = \frac{kQ^2}{2X} - \frac{kQ^2}{X} = -\frac{kQ^2}{2X} = -\frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0 X}$$

---

4. Se tienen dos superficies equipotenciales cilíndricas no concéntricas, cuyos potenciales son 9V y 18V respectivamente. ¿Cuál de las siguientes es correcta, si han de transportar cargas positivas idénticas entre puntos indicados por las trayectorias rectas?



a) $W_1 < W_2$	b) $W_1 > W_2$	c) $\underline{W_1 = W_2}$	d) Es necesario conocer el campo si no, no es posible hacerlo.	e)NEC

Solución: El trabajo realizado por un agente externo al moverse entre dos superficies equipotenciales lo podemos escribir como:

$$W = \Delta U = U_f - U_o = qV_f - qV_o = q(V_f - V_o)$$

Se observa que el trabajo realizado por el agente externo es independiente de la trayectoria y sólo depende del potencial final menos el inicial y de la carga que se traslada. Por lo tanto el trabajo realizado en las dos trayectorias es el mismo, ya que las cargas son idénticas y se mueven desde la superficie equipotencial de 9V, a la de 18V.

---

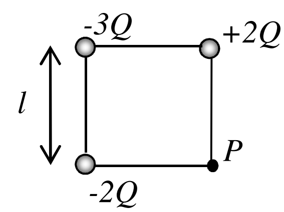
5. Entre los puntos “a” y “b”, existe una diferencia de potencial V_a - V_b que es positiva. Si entre los puntos se coloca una carga puntual positiva, acerca de esa carga se puede asegurar lo siguiente:

a) Se acelera hacia “a”	b) **Se acelera hacia “b”**	c) No se acelera	d) se acelera perpendicularmente a la línea que une “a” con “b”.	e)NEC

Solución: Si el punto A está a mayor potencial que el punto B, la dirección del campo debe apuntar hacia B (ya que sabemos que el potencial disminuye a medida que nos desplazamos en la dirección del campo). Por lo tanto una carga positiva se acelera en la misma dirección del campo, en este caso hacia B.

---

6. Se tiene tres cargas puntuales *-3Q, +2Q y -2Q*, localizadas en tres de los vértices de un cuadrado de lado *l=12 cm*. Si *Q=1.5µC*, la energía potencial eléctrica del sistema, expresada en Joules, tiene un valor de:



a) -0.477	b) -12.53	c) -0.856	d) 8.57	e) NEC

Solución:

$$U = \frac{(-3q)(-2q)}{l}k + \frac{(-3q)(2q)}{l}k + \frac{(2q)(-2q)}{(2l^2)^{1/2}}k$$

$$U = \frac{-0.081}{0.169} = -0.4772 \; Joules$$

---

7. Para las condiciones del problema anterior, el potencial eléctrico en el punto P, expresado den kilo Voltios, tiene un valor de:

a) 131.8	**b) -238.6**	c) -134.0	d) 352.8	e) NEC

Solución:

$$V_p = \frac{2Qk}{l} - \frac{2Qk}{l} - \frac{3Qk}{(l^2+l^2)^{1/2}}$$

$$V_P = -238.648\,kV$$

---

8. Se tiene una carga Q en el centro de un cuadrado de lado a. El trabajo que tiene que hacer un agente externo para mover una carga q de un vértice del cuadrado a otro vértice del mismo es:

a) $+\frac{\sqrt{2}Qq}{(4\pi\varepsilon_o)a}$	b) $-\frac{\sqrt{2}Qq}{(4\pi\varepsilon_o)a}$	c) $+\frac{2\sqrt{2}Qq}{(4\pi\varepsilon_o)a}$	d) $-\frac{2\sqrt{2}Qq}{(4\pi\varepsilon_o)a}$	**e)cero**

Solución: El trabajo realizado es igual a cero ya que el potencial en los vértices del cuadrado es el mismo, los vértices se encuentran a la misma distancia del centro del cuadrado.

$$W_{agente.externo} = \Delta U = U_f - U_o = q(V_f - V_o)$$

---

9. A cierta distancia de una carga puntual, el potencial y la magnitud del campo eléctrico debido a esa carga son de 5kV y 1200V/m respectivamente (tome el potencial cero en el infinito) ¿Cuál es la magnitud de la carga (en µC) que produce el campo y el potencial eléctrico?

a) 1.33	b) 3.5	**c)2.31**	d)7.4	e)0.75

Solución: Denominaremos “x” la distancia desde la carga hasta el punto donde conocemos la magnitud del campo eléctrico y del potencial. Asimismo, sea q la magnitud de la carga. Entonces:

$V = \frac{kq}{x} = 5000 \;\; (ec.1)$ $\qquad E = \frac{kq}{x^2} = 1200 \;\; (ec.2)$

Despejando q de la ecuación (1) y sustituyendo en la segunda ecuación se tiene:

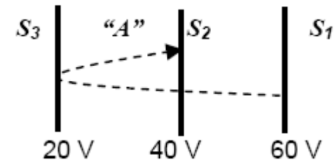
$$1200 = \frac{k\left(\frac{5000x}{k}\right)}{x^2} = \frac{5000}{x} \quad \rightarrow x = 4.17m$$

Entonces encontrando el valor de la carga:

$$\frac{5000x}{k} = q = \frac{(5000)(4.17)}{9\times10^9} = 2.3\times10^{-6}C$$

---

10. Una carga de 1.5C viaja de una de una superficie equipotencial S1 a otra superficie equipolencia S2, a lo largo de una trayectoria "A" como se muestra en la figura. El trabajo en Joules, efectuado por el campo eléctrico es de:



a) -30	**b) +30**	c)-60	d)+60	e)No hay trabajo realizado en la trayectoria

Solución. El trabajo realizado por el campo es igual al negativo del cambio de energía potencial. Por lo que:

$$W = -\Delta U = -(U_f - U_o) = U_o - U_f = qV_o - qV_f = q(V_o - V_f)$$

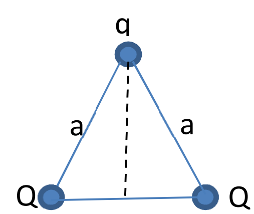
$$W = (1.5)(60-40) = 30 Joules$$

11. Dos cargas puntuales +Q se encuentran en los vértices de la base de un triángulo equilátero de longitud "a" como se muestra en la figura. El trabajo requerido para mover una carga +q que se encuentra en el vértice superior del triángulo hasta un punto sobre la base que se localiza a la mitad de la línea que une las cargas de la base es:

a) $Cero$	b) $\frac{4kQq}{a}$	c) $\frac{kQq}{a^2}$	**d)** $\frac{2kQq}{a}$	e) $\frac{\sqrt{2}kQq}{a}$

Solución: El trabajo requerido por un agente externo es igual al cambio de energía potencial del sistema de cargas: $W = \Delta U = q(V_f - V_o)$

En donde V_f es el potencial debido a las cargas de los vértices de la base en el punto a medio camino entre estas:



$$V_f = \frac{kQ}{a/2} + \frac{kQ}{a/2} = \frac{4kQ}{a}$$

Y en donde Vo es el potencial debido a las cargas de los vértices de la base en el vértice superior:

$$V_o = \frac{kQ}{a} + \frac{kQ}{a} = \frac{2kQ}{a}$$

Por lo que sustituyendo valores tendremos:

$$W = q(V_f - V_o) = q\left(\frac{4kQ}{a} - \frac{2kQ}{a}\right) = \frac{2qkQ}{a}$$

12. Dos cargas puntuales se encuentran en el eje "x", **q_1 = +40nC** en x = -20cm y **q_2 = -50nC** en x = +30cm. Considerando el potencial cero en el infinito, el potencia (V) producido por estas cargas en el origen de coordenadas es:

a)+300	b) -300	c) -3300	d)+3300	e)-14000

Solución. El potencial en el origen será la suma del potencial debido a la carga 1, más el potencial de la carga 2.

$$V = V_1 + V_2 = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} = (9\times10^9)\left(\frac{40\times10^{-9}}{0.2} + \frac{(-50\times10^{-9})}{0.3}\right) = 300V$$

Problema de Repaso

13. Un cañón de tubo de televisión, acelera electrones desde el reposo hasta una velocidad de $3\times10^7 m/s$ y recorren una distancia de 2cm. ¿Qué magnitud de campo eléctrico (supuesto constante) es requerido para acelerar a los electrones? (en kN/C)

a)4.27	**b)128.1**	c)6.83	d)3.75	e) 2.34

Solución. La aceleración que experimentan los electrones es debida al campo eléctrico en el tubo.

$$a = \frac{qE}{m_e} \quad \rightarrow \quad E = \frac{m_e a}{q}$$

Para encontrar el campo necesitamos conocer la magnitud de la aceleración. Conocemos: $v_0 = 0$; $v_f = 3\times10^7 m/s$; $\Delta x = 0.02m$. Por lo que: $v_f{}^2 = v_o{}^2 + 2a\Delta x \quad \rightarrow a = \frac{v_f{}^2 - v_o{}^2}{2\Delta x} = 2.25\times10^{16}$

La magnitud del campo es de:

$$E = \frac{m_e a}{q} = \frac{9.1\times10^{-31}(2.25\times10^{16})}{1.6\times10^{-19}} = 127.9 kN/C$$