FÍSICA GENERAL III - CURSO 2013
Práctica 4: **Trabajo y potencial electrostático.**

1- En cierta región del espacio yace un campo electrostático uniforme orientado en el sentido positivo del eje y, dado por

$$\vec{E} = (0\, N/C,\ 3\times 10^3\, N/C,\ 0\, N/C)$$

Utilice la definición de trabajo

$$W_{\vec{F}C} \ = \ \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F}\cdot\vec{dl}$$

para calcular el trabajo que debe realizar un agente externo al trasladar cuasiestáticamente una partícula de carga $q = 5\,\mu C$, desde el punto 1 situado en $\vec{r}_1 = (0\,cm,\ 25\,cm,\ 0\,cm)$ hasta el punto 2 situado en $\vec{r}_2 = (25\,cm,\ 0\,cm,\ 0\,cm)$, en los siguientes casos:

a) Utilizando como camino de integración la recta que une los puntos 1 y 2.

b) Integrando sobre un camino formado por dos tramos rectos; el primero desde 1 hacia la derecha paralelo al eje x y el segundo paralelo al eje y hasta alcanzar el punto 2.

c) Recorriendo el cuarto de la circunferencia centrada en el origen que pasa por los puntos 1 y 2.

d) Compare los resultados anteriores. ¿Qué se puede deducir de esta información?

2- Una partícula cargada con $20\,\mu C$ se emplaza rígidamente en un punto, en el que aprovechamos a elegir el origen de coordenadas. Un agente externo desplaza cuasiestáticamente una partícula idéntica a la primera a lo largo de un camino paralelo al eje x entre los puntos 1 y 2, situados respectivamente en $\vec{r_1} = (12\,cm,\ 12\,cm,\ 0\,cm)$ y $\vec{r_2} = (42\,cm,\ 12\,cm,\ 0\,cm)$. Calcule el trabajo realizado por el agente externo, utilizando la definición de trabajo. ¿Cuál será la diferencia de potencial $V_2 - V_1$?

3- Considere una fuerza $\vec{F}(\vec{r})$ que actúa sobre una partícula que se mueve sobre una curva cerrada C. Se dice que $\vec{F}$ es conservativa, si para cualquier curva cerrada C, el trabajo de $\vec{F}$ a lo largo de C es nulo. Esto es

$$\oint_C \vec{F}\cdot\vec{dl} \ = \ 0$$

en cuyo caso es posible definir una energía potencial $U(\vec{r})$ asociada a la posición de la partícula, que se relaciona con la fuerza $\vec{F}$ mediante la expresión

$$\vec{F} = -\vec{\nabla} U \tag{1}$$

Los matemáticos han extendido este concepto a campos vectoriales en general, conservando la terminología. En tal sentido, el campo electrostático $\vec{E}(\vec{r})$ satisface que

$$\oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl} \;=\; 0$$

para toda curva cerrada C, por lo que se dice que el mismo es conservativo. Por lo tanto, puede ser derivado de una función escalar llamada potencial elctrostático $V(\vec{r})$ mediante la relación

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V \tag{2}$$

a) A partir de la relación entre la fuerza electrostática y el campo electrostático, determine la relación entre la energía potencial y el potencial asociados.

b) Si una partícula cargada positivamente es abandonada en reposo en un campo electrostático, la misma se moverá espontáneamente. ¿Viajará hacia regiones de mayor o menor energía potencial? ¿Se moverá hacia zonas de mayor o menor potencial?

c) Repita el análisis del punto b para el caso en que la carga sea negativa.

d) De los apartados anteriores, ¿Se desprende un comportamiento que pueda considerarse como "principio de la naturaleza"? Trate de enunciar formalmente.

4- Considere el procedimiento para obtener el potencial electrostático de una carga puntual. ¿Cuál es el punto de referencia más conveniente? ¿Es el único punto de referencia posible? Grafique la familia de curvas que representan los posibles potenciales electrostáticos asociados a una carga puntual positiva situada en el origen. Indique en cada curva de la familia, la posición del punto de referencia.

5- Tres partículas se encuentran emplazadas en los vértices de un triángulo equilátero. Las mismas tienen cargas idénticas $Q_1 = Q_2 = Q_3$. Dibuje algunas líneas de campo electrostático y algunas curvas equipotenciales (trazas de las superficies equipotenciales sobre el plano que contiene las partículas).

6- El potencial electrostático debido a una distribución de carga finitamente confinada, puede calcularse en un punto $\vec{r}$ del espacio mediante dos alternativas. La primera puede aplicarse si previamente se conoce el campo electrostático.

$$V(\vec{r}) \;=\; -\int_{\vec{r}_{REF}\to\infty}^{\vec{r}} \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

donde se ha elegido el cero de potencial en el infinito. La segunda opción consiste en calcular a partir de la distribución de cargas (es decir, conociendo el tamaño y localización de cada carga). En el caso continuo tenemos

$$V(\vec{r}) \;=\; k \int_D \frac{dQ}{\mid \vec{r} - \vec{r'} \mid}$$

donde D representa el dominio del espacio donde hay cargas.

Determine el potencial electrostático a lo largo del eje de un anillo de radio R y carga Q uniformemente distribuida, mediante las dos alternativas anteriores, corroborando que conducen al mismo resultado.

Grafique las componentes del campo y el potencial como funciones de la posición a lo largo del eje. Observe y verifique analíticamente que

$$\vec{E}(\vec{r}) \;=\; -\vec{\nabla} V(\vec{r})$$

7- Considere un anillo de radio $R = 5\ cm$ y carga $Q = 30\ \mu C$ uniformemente distribuida, suponiendo que sobre el eje hay un tubo en el que puede deslizar una partícula libre de rozamiento. Suponga que la partícula posee una masa $m = 2,5\ g$ y una carga de $q = -5\ \mu C$.

a) Determine la energía potencial de la partícula cuando la misma se emplaza a 7 cm del centro del anillo. ¿Y si se colocara en el centro del anillo?

b) Si ahora la partícula se libera a 7 cm del centro del anillo, la misma realizará oscilaciones ¿por qué? ¿Serán armónicas? Calcule la rapidez con que pasa por el centro del anillo. Grafique la componente de la velocidad como función de la coordenada que corre a lo largo del tubo.

8- Determine el potencial en todas partes para cada uno de los siguientes casos, especificando claramente dónde elige la referencia.

a) Una esfera de radio R y carga Q uniformemente distribuida.

b) Un hilo recto infinitamente largo con densidad lineal de carga uniforme λ.

c) Un plano infinitamente extendido con densidad superficial de carga uniforme σ.

d) Dos partículas puntuales de cargas Q y $-Q$, emplazadas firmemente en posiciones que distan una medida l.

e) Dos hilos rectos paralelos separados una distancia d, con densidades lineales de carga λ_1 y λ_2.

9- Una pequeña esfera de 2 g cuelga de un hilo de masa despreciable entre dos placas paralelas verticales, separadas 5 cm. La carga de la esfera es de 6 nC. Calcule la diferencia de potencial entre las placas si el hilo forma un ángulo de 10^o con la vertical.

10- Cierta distribución de carga esféricamente simétrica tiene una densidad dada por

$$\rho(r) = \begin{cases} 0 & si \quad r < R_1 \\ a\,r & si \quad R_1 < r < R_2 \\ 0 & si \quad R_2 < r \end{cases}$$

donde a es una constante positiva con unidades adecuadas. Deduzca las expresiones que describen el campo y el potencial electrostáticos como funciones de la coordenada radial r.

11- Una carga eléctrica Q está distribuida de manera uniforme a lo largo de una varilla delgada de longitud $2a$. Encuentre una expresión para el potencial electrostático sobre una perpendicular que pasa por el centro de la varilla, como función de la coordenada y, medida desde dicho centro. Derivando esta expresión, encuentre la componente E_y del campo electrostático sobre la línea mencionada.

12- El potencial electrostático a una cierta distancia de una partícula cargada es de 800 V. Por su parte, el módulo del campo electrostático en el mismo punto es de 200 N/C. Determine la distancia del punto a la partícula y la carga de la misma, sabiendo que el cero de potencial ha sido elegido en el infinito.