enrique@fiquipedia.es Revisado 30 marzo 2016

Ejercicio Nº1

Se dispone de un conductor rectilíneo indefinido cargado uniformemente.

a) Emita hipótesis razonadas sobre los factores que cabe esperar influyan en la intensidad de campo electrostático producido por el conductor.

b) Compruebe, aplicando el teorema de Gauss, las hipótesis antes formuladas. Explique los pasos seguidos.

c) Si dicho conductor crea un potencial de 20 voltios en los puntos situados a 2 m y del conductor y de 10 voltios en los puntos situados a 4 m del mismo. Suponiendo que se encuentra en el vacío, calcule su densidad lineal de carga. Explique los pasos seguidos e indique los conceptos físicos empleados.

d) Queremos trasladar una carga de -0,2 C desde un punto situado a 2 m del conductor hasta otro situado a 4 m del mismo. ¿Será necesario aplicar alguna fuerza exterior a las del campo?. ¿Por qué?. En caso afirmativo, calcule el trabajo realizado por dicha fuerza.

e) Si el conductor se conecta a un generador y es recorrido por una corriente estacionaria. Realice un diseño experimental para investigar la dirección de las líneas de campo magnético creado por el conductor y establezca en forma de hipótesis cuáles serán los factores de que depende la intensidad de dicho campo magnético.

DATOS: Constante dieléctrica del vacío: $8{,}85\cdot10^{-12}$ C^2 N^{-1} m^{-2}

Criterios de evaluación y calificación de este ejercicio:

Se valorarán las explicaciones detalladas de cada uno de los apartados

Calificación:

Apartado a): Máximo 0,5 puntos. Apartado b): Máximo 1,25 puntos. Apartado c): Máximo 1,25 puntos. Apartado d): Máximo 1,25 puntos. Apartado e): Máximo 0,75 puntos.

Referencias:

http://www.fiquipedia.es/home/recursos/ejercicios/ejercicios-elaboracion-propia-fisica-2-bachillerato/ProblemaFisicaCampoElectrico1.pdf?attredirects=0

a) Para plantear las hipótesis partimos de la ley de Coulomb, que para una carga puntual nos indica que el campo es radial, su sentido depende del signo de la carga, y su módulo depende de la distancia. Visualizando el hilo conductor como una sucesión de cargas puntuales, podemos plantear:

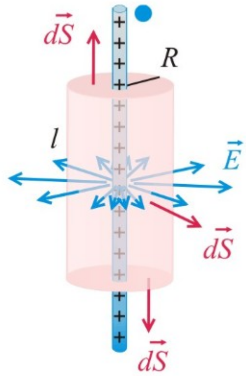
-El campo es radial desde el conductor, contenido en planos perpendiculares al conductor.

-El módulo del campo disminuye a medida que aumenta la distancia al hilo.

-El módulo del campo aumenta cuando mayor sea la carga del hilo.

-El módulo del campo disminuye cuanto mayor sea la permitividad eléctrica del medio.

b) Las hipótesis sobre cómo es el campo eléctrico las comprobamos obteniendo el campo, lo que hacemos utilizando el teorema de Gauss. Llamamos $\lambda = Q/l$ la densidad lineal de carga en el hilo. Para calcular Φ a una distancia r del hilo calculamos el flujo a través de la superficie cilíndrica cuyo eje es el hilo. No asumimos que medio sea el vacío.



http://acer.forestales.upm.es

$$\Phi_c = \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}$$

$$\Phi = \left(\int_{TapaSuperior} \vec{E}\, d\vec{S} + \int_{TapaInferior} \vec{E}\, d\vec{S} + \int_{CaraLateral} \vec{E}\, d\vec{S}\right) = \frac{\Sigma Q}{\varepsilon}$$

Como en las tapas el campo y el vector superficie son perpendiculares, su producto vectorial es cero, y como en la cara lateral vector campo y vector superficie son paralelos, podemos escribir

$$\Phi_c = |\vec{E}| \int_{CaraLateral} dS = |\vec{E}|\, 2\pi R L = \frac{\Sigma Q}{\varepsilon}$$

enrique@fiquipedia.es Revisado 30 marzo 2016

Para calcular la carga encerrada, sustituimos $\lambda=\frac{Q}{l}\Rightarrow Q=\lambda l \quad \rightarrow \quad |\vec{E}|2\pi R\cancel{l}=\lambda\frac{\cancel{l}}{\varepsilon}\Rightarrow|\vec{E}|=\frac{\lambda}{2\pi R\varepsilon}$

Con esto obtenemos el módulo, varía con 1/R, λ y ε y valida dos de las las hipótesis planteadas.
La hipótesis de que el campo es radial desde el conductor, contenido en planos perpendiculares al conductor no la validamos con el teorema de Gauss, sino con simetría y superposición. El campo generado en un punto será el generado por el punto del conductor situado en el plano perpendicular al conductor que pasa por ese punto y por la superposición del campo creado por todos los demás puntos del conductor, que podemos agrupar de dos en dos a distancias iguales de este plano, por lo que sus componentes paralelas al conductor se anula y el campo es radial y contenido en el plano.
c) El enunciado no es totalmente correcto porque debería dar diferencia de potencial entre dos puntos (el potencial es 10 V mayor a 2m que a 4 m del conductor, o indicar que son 20 V respecto al punto donde se toma V=0), pero da un valor “absoluto” de potencial en cada punto, lo que sí se hace con otras distribuciones de carga al asumir potencial 0 en un punto concreto. En este caso se puede ver que no podemos asumir potencial 0 en el hilo ni en infinito, y debemos obtener la expresión de la diferencia de potencial, que realmente es lo único que podemos conocer.
Primero razonamos el signo de la carga del hilo: una carga positiva va espontáneamente hacia potenciales menores, que en este caso es alejarse del conductor, por lo que la carga del conductor tiene que ser positiva para que sea repelida.
Tomamos $R_1<R_2$ y densidad de carga positiva, con lo que el vector campo y el vector desplazamiento tienen el mismo sentido.

$$\Delta V=V(R_2)-V(R_1)=\frac{\Delta E_p}{q}=\frac{-W_{R_1\rightarrow R_2}}{q}=\frac{-\int_{R_1}^{R_2}\vec{F}\,d\vec{r}}{q}=-\int_{R_1}^{R_2}\vec{E}\,d\vec{r}$$

$$\Delta V=-\int_{R_1}^{R_2}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon r}dr=\frac{-\lambda}{2\pi\varepsilon}[\ln(r)]_{R_1}^{R_2}=\frac{-\lambda}{2\pi\varepsilon}\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

Sustituyendo numéricamente en este caso R_1=2 m, R_2=4 m

$$-10=\frac{-\lambda}{2\pi 8{,}85\cdot10^{-12}}\ln\left(\frac{4}{2}\right)\Rightarrow\lambda=\frac{-10\cdot2\pi\cdot8{,}85\cdot10^{-12}}{\ln(2)}=8{,}02\cdot10^{-10}C/m$$

>Calculamos a nivel informativo en qué punto se ha tomado V=0, debe ser más de 4 m

$$20=\frac{-8{,}02\cdot10^{-10}}{2\pi 8{,}85\cdot10^{-12}}\ln\left(\frac{2}{R_0}\right)\Rightarrow\frac{2}{R_0}=e^{\frac{20\cdot2\pi\cdot8{,}85\cdot10^{-12}}{-8{,}02\cdot10^{-10}}}\Rightarrow R_0=2\cdot e^{\frac{20\cdot2\pi\cdot8{,}85\cdot10^{-12}}{8{,}02\cdot10^{-10}}}\approx 8\,m$$

d) Queremos mover una carga negativa hacia potenciales menores, por lo que no será espontáneo y tendremos que realizar trabajo externamente.
$W_{externo}=q\cdot\Delta V=-0{,}2\cdot(-10)=2\,J$ (Si fuera realizado por campo $W_{campo}=-q\cdot\Delta V$)
El trabajo externo es positivo, es trabajo que hay que realizar externamente en contra del campo (el trabajo realizado por el campo sería negativo).
e) Podríamos colocar brújulas o limaduras para investigar la dirección del campo magnético creado.
Para plantear las hipótesis partimos de la ley de Biot-Savart, que para un elemento de corriente nos indica que el campo es perpendicular al vector posición y la corriente. Visualizando el hilo conductor como una sucesión de elementos de corriente, podemos plantear:
-El campo tiene como líneas de campo circunferencias contenidas en un plano perpendicular al conductor y concéntricas con su eje.
-El módulo del campo disminuye a medida que aumenta la distancia al hilo.
-El módulo del campo aumenta cuando mayor sea la corriente del hilo.
-El modulo del campo aumenta cuando mayor sea la permeabilidad magnética del medio.