TEMAS DE FÍSICA PARA MATEMÁTICOS

1er cuatrimestre 2020

4 - Campo eléctrico y campo magnético

Problema 1:
Calcular el cociente carga/masa para dos partículas iguales cuya fuerza electrostática es igual a la atracción gravitatoria entre ellas. Comparar el resultado obtenido con el cociente entre la carga y la masa del electrón: q_e/m_e, donde $q_e = 1.6 \times 10^{-19}C$ y $m_e = 9.1 \times 10^{-31}kg$. Sugerencia: trabajar en el sistema de unidades en el que la ley de Coulomb se escribe $F = kq_1q_2/r^2$, con $k = 9 \times 10^9 Nm^2/C^2$, y recordar el valor de la constante de Newton: $G = 6,7 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2$.

Problema 2:
En los vértices de un cuadrado de lado L se han colocado (en ese orden) cargas puntuales de valores q, $2q$, $4q$ y $2q$. Calcular la fuerza neta sobre una carga q' ubicada en el centro del cuadrado.

Problema 3:
En dos vértices contiguos de un cuadrado de lado L se colocan dos cargas q, y en los otros dos vértices se colocan dos cargas $-q$. Calcular el campo eléctrico sobre los ejes perpendiculares a los lados del cuadrado.

Problema 4:
Calcular el campo eléctrico sobre el eje de simetría de una corona circular de radios interior a y exterior b, con densidad de carga superficial σ uniforme. Repetir el cálculo para una densidad σ de 0 a π y $-\sigma$ de π a 2π.

Problema 5:
Del primer resultado del problema anterior, deducir el campo de un disco de radio b y el de un plano infinito, ambos con densidad uniforme σ.

Problema 6:
Un hilo muy fino de longitud L está cargado uniformemente con una carga total Q. Calcular el campo eléctrico en todo punto del espacio.

Problema 7:
Calcular el flujo del campo eléctrico a través de las caras de un cubo imaginario en uno de cuyos vértices se coloca una carga puntual q.

Problema 8:

Calcular el campo eléctrico, en todo el espacio, para cada una de las siguientes distribuciones de carga:
a. Un hilo muy largo, de longitud L y carga Q distribuida uniformemente.
b. Un plano infinito con densidad uniforme σ.
c. Un cilindro de radio R con densidad $\rho = \rho_0 r/R$.
d. Una esfera de radio a con densidad uniforme ρ.
e. Una superficie esférica de radio R con densidad superficial uniforme σ.

Problema 9:
En la nube electrónica del átomo de hidrógeno la densidad de carga media es

$$\rho = -\frac{e}{\pi a^3} \exp\left(-2r/a\right),$$

donde a es el radio de Bohr y r la distancia al protón de carga e. Determinar el campo eléctrico, y analizar los casos $r \ll a$ y $r \gg a$.

Problema 10:
Una esfera de radio R y densidad ρ tiene en su interior un hueco esférico de radio a, ubicado a una distancia $d < R - a$ del centro. Calcular el campo eléctrico sobre todo punto del eje de simetría de la configuración.

Problema 11:
Se disponen dos planos infinitos, paralelos, separados por una distancia d, con distribuciones de carga superficial uniformes σ y $-\sigma$ respectivamente.
a. Dibuje las lineas de campo eléctrico generadas por cada plano separadamente, y por el conjunto, en todo el espacio.
b. Calcule el campo eléctrico en todo el espacio.
c. Calclue la fuerza sobre una partícula de carga q_0 ubicada entre los dos planos.
d. Calcule la diferencia de potencial entre ambos planos.

Problema 12:
Calcule el campo eléctrico generado en todo el espacio por dos superficies esféricas concéntricas, cargadas la interior y la exterior con densidades superficiales σ_1 y σ_2 respectivamente. Además, halle cuánto vale el campo eléctrico en el caso que las cargas totales de las superficies satisfacen $Q_1 = -Q_2$.

Problema 13:
Calcule el campo eléctrico en todo el espacio generado por un hilo recto infinito con densidad de carga lineal $\lambda = 2C/m$, ubicado en el eje de un cilindro infinito con densidad de carga superficial $\sigma = -1C/m^2$ y radio $R = -0.5m$.
a. Qué fuerza se ejerce sobre una partícula de carga $q = 3C$ ubicada a una distancia de $0.3m$ del hilo?

b. Calcule la densidad de carga superficial del cilindro para que el campo eléctrico sea nulo en su exterior $r > R$.

Problema 14:
Caclular el potencial sobre el eje z para las siguientes configuraciones:
a. Un cuadrado de lado L en el plano $x - y$ centrado en el eje z y de densidad uniforme λ.
b. Una circunferencia de radio R en el plano $x-y$ centrada en el eje z y de densidad uniforme λ.
c. Una circunferencia de radio R en el plano $x - y$ centrada en el eje z y de densidad λ de 0 a π y $-\lambda$ de π a 2π.

Problema 15:
Para las configuraciones a y d del Problema 8, calcular el potencial en todo el espacio.

Problema 16:
Para las dos primeras configuraciones del problema 11, calcular la fuerza que ejercen sobre un hilo semi-infinito de densidad λ' que comienza en sus centros.

Problema 17:
Calcular el potencial y el campo a grand distancia sobre el eje de simetría de las siguientes configuraciones:
a. Tres cargas de valores q, q y $-3q$ ubicadas en los vértices de un cuadrado equilátero de lado L.
b. Un hilo finito de longitud L y densidad $\lambda = 2\lambda_0 z/L$ centrado en $z = 0$.
c. Dos discos paralelos y coaxiales de radio R, separados una distancia d y de densidades σ y $-\sigma$.

Problema 18:
Considérense dos partículas cargadas que se mueven con velocidades perpendiculares entre sí. Analizar cualitativamebte las fuerza sobre cada una y discutir la validez del principio de acción y reacción.

Problema 19:
Una partícula de carga q y masa m ingresa con velocidad $\mathbf{v}_0$ en una región donde existen un campo magnético $\mathbf{B}$ y un campo eléctrico $\mathbf{E}$ uniformes y perpendiculares entre sí.
a. Encontrar la trayectoria de la partícula.
b. Mostrar que existe una única velocidad inicial para la cual la trayectoria es una recta (*filtro de velocidades*).

Problema 20:
Para una partícula de masa $m = 10^{-13}g$ y carga $q = 10^{-18}C$ sobre la que sólo actúa el campo magnético de la galaxia $B = 10^{-10}T$, estimar el tiempo que tarda en volver a su punto de partida luego de dar una vuelta completa.

Problema 21:
Utilizando la ley de Biot-Savart, calcular el campo magnético para las siguientes distribuciones de corriente:
a. Una espira circular de radio a y corriente I, sobre su eje de simetría.
b. Una espira cuadrada de lado L y corriente I, sobre un eje perpendicular al cuadrado y que pasa por su centro.
c. Un disco de radio R con carga total Q, que gira en torno de su eje de simetría con velocidad angular Ω (calcular sobre el eje).
d. Un solenoide finito, de longitud L, N vueltas, y corriente I (sobre su eje).

Problema 22:
Usando la ley de Ampére, calcular el campo magnético en todo el espacio para las siguientes distribuciones de corriente:
a. Un cilindro infinito de radio a por el que circula una corriente I distribuida de manera uniforme.
b. Un plano infinito con densidad de corriente uniforme.
c. Un toroide de radios a y b, con N vueltas, por las cuales circula una corriente I.
d. Un solenoide infinito de radio a, con n vueltas por unidad de longitud, por las que circula una corriente I.

Problema 23:
Para las configuraciones (a) y (d) del problema anterior, obtener el comportamiento del campo a gran distancia y calcular el momento magnético.

Problema 24:
Para la configuración (a) del problema 5, calcular la fuerza sobre una pequeña aguja de momento magnético $\mathbf{m}$ ubicada sobre el eje y paralela al mismo.

Problema 25:
Calcule las ecuaciones de Euler-Lagrange para el Lagrangiano

$$L = \frac{m}{2}\dot{\mathbf{r}}^2 - q\left(\phi(\mathbf{r}) - \frac{1}{c}\mathbf{A}(\mathbf{r})\cdot\dot{\mathbf{r}}\right)$$

Muestre que corresponden a las ecuaciones de Newton en presencia de la Fuerza de Lorentz, donde q es la carga, ϕ el potencial eléctrico, y $\mathbf{A}$ el potencial magnético.