

CAMPOS Y ONDAS (E0202) – 2022

ELECTROMAGNETISMO APLICADO (E1202) - 2022

TRABAJO PRÁCTICO Nº 1

LEY DE COULOMB. CAMPO ELÉCTRICO. POTENCIAL ELÉCTRICO. LEY DE GAUSS

PROBLEMA 1

En el modelo atómico de Bohr, el estado fundamental del átomo de hidrógeno consiste en un protón en el centro del átomo, y un electrón describiendo órbitas circulares de radio r_0 en torno al núcleo.

(a) Calcular la magnitud de la fuerza que el protón ejerce sobre el electrón

(b) Determinar la aceleración del electrón.

(c) Determinar la magnitud del campo eléctrico.

Radio de Bohr: $r_0 = 0,53 \times 10^{-10} \text{ m}$

Carga del protón: $q_p = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Masa del electrón: $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

PROBLEMA 2

Sea una carga puntual positiva Q en el centro de coordenadas del sistema $(0; 0; 0)$. Considérese una carga de prueba q_0 ubicada en $(R; 0; 0)$.

(a) ¿Qué magnitud, dirección y sentido tendrá la fuerza?

(b) ¿Qué ocurre si la carga de prueba se desplaza sucesivamente a los puntos $(0; R; 0)$, $(0; 0; R)$, $(R; R; 0)$ y $(R; R; R)$?

(c) ¿Cómo deberá desplazarse la carga de prueba para que la magnitud de la fuerza se mantenga constante?

(d) ¿Qué dirección sucesiva tendrá la fuerza?

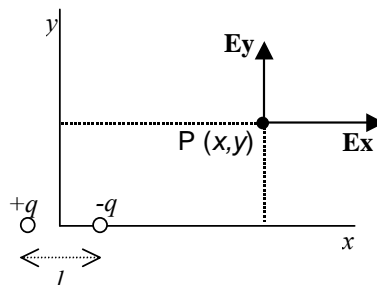
(e) ¿Cómo concluye que son, entonces, las líneas de campo eléctrico producidas por la carga Q ? ¿Qué conclusiones puede sacar respecto del campo?

PROBLEMA 3

Sea un dipolo eléctrico formado por un par de cargas puntuales $+q$ y $-q$ ($|q| = 200 \text{ pC}$) separadas una distancia l (100 mm). (a) Determinar el campo eléctrico en un punto P de coordenadas (x, y)

(b) Ídem (a) para un punto ubicado en el eje del dipolo $(0, 1000 \text{ mm})$. (c) Sobre el eje "y", para una distancia $r \gg l$ ¿con qué ley varía el campo en relación a la distancia a la carga (r)?

(d) ¿Qué son las líneas de campo? Dibujar aproximadamente las líneas de campo.



PROBLEMA 4

(a) ¿Es posible aplicar el principio de superposición cuando se trata de cargas distribuidas y no puntuales?

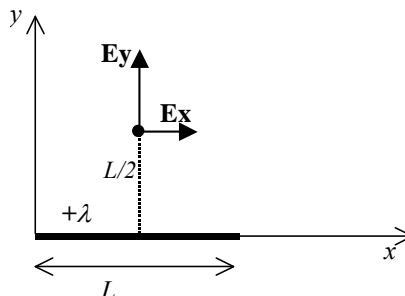
Considérese una línea de carga de longitud finita L , con densidad de carga λ por unidad de longitud. Sean x', y' las coordenadas de la fuente, siendo las mismas ($y' = 0; 0 \leq x' \leq L$). Determinar el campo eléctrico producido por dicha línea en un punto P de coordenadas x, y (coordenadas del punto) siendo $y = L/2$ y siendo x según los siguientes casos:

(b) $x = L/2$

(c) $x = L$

(d) ¿A qué se refieren las coordenadas de la fuente y a qué las coordenadas del punto?

(e) Si considera ahora el eje z , ¿cómo serían las líneas de campo?



PROBLEMA 5

Una línea de carga de densidad uniforme λ forma un círculo de radio a que yace en el plano xy .

- (a) Determinar la magnitud y dirección del campo eléctrico E en el centro del círculo, coordenadas $(0,0,0)$.
- (b) Determinar la magnitud y dirección del campo eléctrico E en el punto de coordenadas $(0,0,z)$.
- (c) ¿A qué altura z resulta máximo el campo eléctrico E ?

PROBLEMA 6

En función del análisis del problema 2:

- (a) Calcular el campo eléctrico creado por una carga puntual ubicada en el origen de coordenadas utilizando la ley de Gauss.
- (b) Calcular el potencial electrostático en todo el espacio.
- (c) ¿Qué valores tendrán el campo y el potencial electrostáticos si se considera $q=10$ nC a las distancias $r_1=0,1$ m, $r_2=1,0$ m y $r_3=10$ m del origen de coordenadas?

PROBLEMA 7

Considérese una línea muy larga de carga, con densidad de carga λ por unidad de longitud. Determinar el campo eléctrico producido por dicha línea:

- (a) aplicando los resultados del problema 4.
- (b) aplicando la ley de Gauss.
- (c) La expresión del campo eléctrico a una distancia r de la línea ¿depende de la longitud de la superficie gaussiana (cilíndrica) elegida, en la aplicación de la ley de Gauss?
- (d) La expresión del campo eléctrico a una distancia r de la línea ¿se debe al efecto de "sólo" la carga encerrada en la superficie gaussiana elegida para la resolución de la ley de Gauss?
- (e) A partir del campo eléctrico calculado, determinar el potencial eléctrico en todo el espacio.
- (f) Si se considera $\lambda=25$ $\mu\text{C/m}$, ¿cuánto valdrán el campo y el potencial para distancias $r_1=0,5$ m y $r_2=5,0$ m? Indique que referencia usa en el cálculo del potencial.
- (g) Calcule la diferencia de potencial entre r_1 y r_2 . ¿Este resultado depende de la referencia de potencial elegida?

PROBLEMA 8

Considere una nube de cargas, distribuida uniformemente en el interior de un volumen esférico de radio $a=5$ cm, con una densidad volumétrica $\rho=5,3 \cdot 10^{-6}$ C/m³.

- (a) Indicar la ley de variación del campo eléctrico dentro y fuera del volumen esférico.
- (b) Indicar la ley de variación del potencial eléctrico absoluto dentro y fuera del volumen esférico.
- (c) Graficar ambas leyes de variación, en función de la distancia con respecto al centro de la esfera.
- (d) ¿Cuál es el potencial absoluto del centro de la esfera? (el trabajo total realizado en contra del campo para traer una carga de prueba desde el infinito hasta el centro del volumen esférico. Importante: resolver la integral en dos partes).

PROBLEMA 9

Considere una nube de cargas, distribuida en el interior de un volumen esférico de radio R , con una densidad volumétrica que es una función lineal de la distancia (r) al centro de dicho volumen: $\rho = k \cdot r$ (Importante, utilice el diferencial de volumen en coordenadas esféricas $dV = r^2 \sin\theta \, dr \, d\theta \, d\varphi$, θ varía entre 0 y π ; φ varía entre 0 y 2π , teniendo en cuenta que la función a integrar es variable sólo con el radio r y no depende ni de θ ni de φ : $dV = 4\pi r^2 \, dr$)

- (a) Indicar la ley de variación del campo eléctrico dentro y fuera del volumen esférico.
- (b) Indicar la ley de variación del potencial eléctrico dentro y fuera del volumen esférico.
- (c) Graficar ambas leyes de variación, en función de la distancia con respecto al centro de la esfera.
- (d) Determinar el potencial absoluto del centro del volumen esférico (Importante: resolver la integral en dos partes)
- (e) Realizar un análisis dimensional para determinar las unidades de la constante k .

PROBLEMA 10

(a) Determinar la intensidad de campo eléctrico producido por un plano de carga infinito con densidad superficial de carga uniforme σ (C/m²).

(b) Utilizar este resultado para obtener la intensidad de campo eléctrico producida por dos placas planas, con densidades superficiales de carga uniforme $+\sigma$ (C/m²) y $-\sigma$ (C/m²), respectivamente, ubicadas en forma paralela en el vacío, separadas entre sí una distancia d . Calcular el campo eléctrico y el potencial electrostático en todo el espacio (entre las placas y fuera de ellas).

PROBLEMA 11

- (a) Defina el parámetro capacidad. ¿De qué depende este parámetro?
- (b) Determinar la capacidad de la esfera terrestre, suponiendo que es perfectamente conductora y que su radio es de 6000 km.
- (c) Hallar el área de las placas de un capacitor plano, de placas paralelas separadas 1 cm, de idéntica capacidad que la de la tierra, y el medio dieléctrico entre ellas es aire.

PREGUNTAS TEÓRICAS

- (a) ¿A qué llamamos carga puntual? Caracterice al campo eléctrico producido por una carga puntual. Qué significa que el campo posea "simetría esférica"?
- (b) ¿Cuáles son las características del campo eléctrico expresadas en la ley de Coulomb?
- (c) ¿Por qué decimos que la ley de Coulomb es una ley "fundamental" mientras que la ley de Gauss no?
- (d) ¿Cuáles son las características del campo eléctrico \mathbf{E} , descriptas por la ley de Coulomb, que permiten deducir la ley de Gauss, es decir que el flujo sólo dependa de la carga encerrada? ¿Cuáles son las características del campo eléctrico \mathbf{E} , descriptas por la ley de Coulomb, que hacen que el campo sea conservativo?
- (e) Enuncie el principio de superposición e indique porqué es posible su aplicación a la ley de Coulomb. ¿Es posible aplicar el principio de superposición cuando se trata de cargas distribuidas y no puntuales?
- (f) ¿Cuáles son los dos tipos de fuentes de un campo vectorial?
- (g) ¿Qué características del campo eléctrico están contenidas en cada tipo de fuente?
- (h) ¿Cuál es la característica del campo vectorial \mathbf{E} que me permite definir una función escalar (el potencial V o U según la nomenclatura que se utilice) a partir de su integración? Deduzca la relación entre el campo eléctrico y el gradiente de la función potencial. ¿Cómo son las líneas de campo eléctrico respecto de las superficies equipotenciales? Dibújelas para el caso del dipolo eléctrico. ¿Es posible aplicar el principio de superposición para el cálculo del potencial? ¿Por qué?
- (i) ¿Qué relación hay entre el vector campo eléctrico \mathbf{E} y el vector desplazamiento eléctrico \mathbf{D} ? ¿Esta relación depende del medio?
- (j) ¿Qué significa físicamente que la integral del vector desplazamiento eléctrico \mathbf{D} sobre una superficie cerrada, resulte nula?
- (k) ¿Qué son los tubos de flujo eléctrico \mathbf{D} ?
- (l) Indique, justificando su respuesta, si pueden existir líneas cerradas de campo electrostático \mathbf{E} .
- (m) ¿En qué casos es válida la ley de Gauss?
- (n) ¿En qué casos resulta útil la ley de Gauss, es decir, en qué casos es posible su aplicación para la resolución del campo eléctrico?