

Física II

Guía 1 : Ley de Coulomb - Campo Eléctrico - Ley de Gauss

13 de marzo 2023

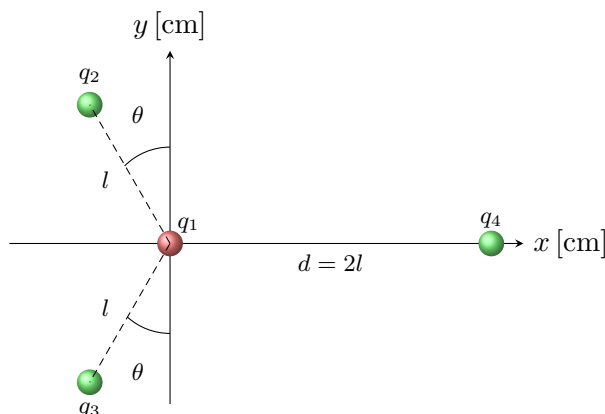
Problema 1: Problemas de partículas atómicas

- Calcular la fuerza de atracción eléctrica entre el protón y el electrón en un átomo de hidrógeno. Calcular la fuerza gravitacional entre estas partículas. ¿Cuál de estas fuerzas es mayor y en cuántos ordenes de magnitud?
- Compare la repulsión eléctrica entre dos electrones o dos protones, separados una distancia r , con la atracción gravitatoria entre los mismos. ¿Cuál debería ser la masa de un electrón o protón para que estas fuerzas se equilibren?

Problema 2: Considere cuatro objetos electrizados A , B , C y D . Se sabe que A repele a B y atrae a C . A su vez, C repele a D . Si sabemos que D está electrizado positivamente, ¿cuál es el signo de la carga en B ?

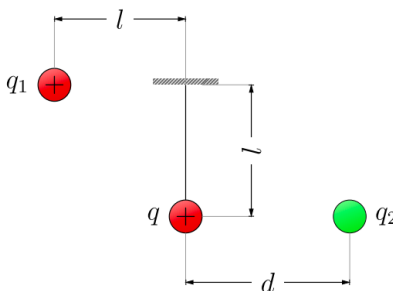
Problema 3: Se disponen de una distribución de 4 cargas eléctricas puntuales con valores $q_1 > 0$ y $q_2 = q_3 = q_4 < 0$, como se muestra en la figura. Determinar la resultante de todas las fuerzas ejercidas sobre la carga q_1 localizada en el origen de coordenadas. Calcule cuánto debería valer q_4 para que la resultante de fuerzas sobre q_1 sea igual a cero.

Valores sugeridos: $q_1 = 2\mu\text{C}$, $q_2 = q_3 = q_4 = -3\mu\text{C}$, $l = 10\text{cm}$, $\theta = 30^\circ$.



Problema 4: Una partícula de carga unidad está ubicada en el centro de un cuadrado de lado a , en cuyos vértices se encuentran las cargas q , $2q$, $-4q$ y $2q$. La primera de ellas se halla en el vértice inferior izquierdo, y el resto están ordenadas en sentido del movimiento de las agujas del reloj. Calcule la fuerza eléctrica resultante que actúa sobre la partícula.

Problema 5: Se tiene un pequeño cuerpo cargado con una carga q , el cual se encuentra suspendido de un hilo de longitud l . Si se ubica una carga q_1 en la posición indicada en la figura. Determine qué signo, valor y a qué distancia horizontal d deberá ubicarse una carga q_2 para que el hilo permanezca vertical.



Valores sugeridos: $q = 30\mu\text{C}$, $l = 0,1\text{m}$, $q_1 = 50\mu\text{C}$

Problema 6: Tres bolitas, cada una con masa igual a m se cuelgan separadamente de un mismo punto mediante hilos no conductores, cada uno de longitud l . Las bolitas tienen exactamente la misma carga, y quedan suspendidas en los vértices de un triángulo equilátero de lado a . Determine el valor de la carga de cada bola.

Valores sugeridos: $m = 10\text{g}$, $l = 1\text{m}$, $a = 0,1\text{m}$.

Problema 7: Una gota de agua de 10^{-2}cm de diámetro tiene una carga negativa tal que el módulo del campo eléctrico en su superficie, debido a esta carga, es de $6 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}$. Hallar el valor de un campo eléctrico vertical para que la gota no caiga.

Problema 8: Para la configuración de cargas dadas en el problema 4, encuentre el valor del campo eléctrico en el centro de esa distribución.

Problema 9: Un electrón que se mueve con una velocidad \vec{v} se dispara paralelamente a un campo eléctrico de intensidad \vec{E} colocado de modo que *retarde su movimiento*.

- ¿Hasta donde llegará el electrón en el campo antes de quedar momentáneamente en reposo?
- ¿Cuanto tiempo transcurrirá?
- Si el campo eléctrico termina bruscamente después de una distancia d medida en cm, ¿qué fracción de su energía inicial pierde el electrón al atravesarlo?

Valores sugeridos: $v = 5 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $E = 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$, $d = 0,8\text{cm}$.

Problema 10: Una esfera cargada cuelga de un hilo en una región con campo eléctrico vertical cuyo módulo es $E = 12000 \frac{\text{N}}{\text{C}}$. Cuando el campo se dirige hacia arriba, la tensión en el hilo es de 48mN . Cuando el campo se dirige hacia abajo, la tensión es cero. Encuéntrese la masa y la carga de la esfera.

Problema 11: Una línea recta infinita posee una distribución lineal uniforme de carga λ . Muestre que el módulo del campo eléctrico que genera dicha distribución en un punto del espacio ubicado a una distancia d de la misma es $E = \frac{|\lambda|}{2\pi\epsilon_0 d}$. ¿Cuál es la dirección y sentido del campo en dicho punto?

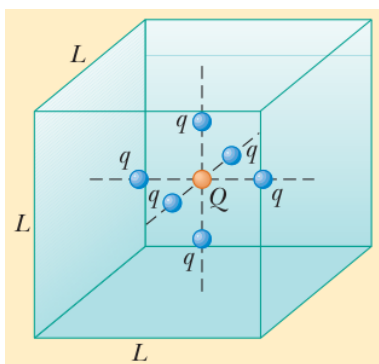
Problema 12: Dos esferas idénticas con masa m cuelgan de un mismo punto con cordones sintéticos de longitud L . Cada esfera tiene la misma carga q . El radio de cada esfera es muy pequeño en comparación con la distancia entre las esferas, por lo que pueden considerarse cargas puntuales. Demuestre que si el ángulo θ

es pequeño, la separación de equilibrio d entre las esferas es $d = \left(\frac{q^2 L}{2\pi\epsilon_0 mg} \right)^{1/3}$. (Sugerencia: si θ es pequeña, entonces $\theta \approx \sin \theta$.)

Suponga ahora que las dos esferas tienen cargas opuestas esto es, de igual módulo q . Cuando se activa un campo eléctrico horizontal y uniforme de valor E , las esferas cuelgan con un ángulo θ entre las cuerdas. Realice un diagrama de la situación.

- ¿Cuál esfera (derecha o izquierda) es positiva, y cuál es negativa?
- Encuentre el ángulo θ entre las cuerdas en términos de E , q , m y g .
- A medida que el campo eléctrico incrementa su intensidad en forma gradual, ¿cuál es el resultado del inciso b) para el ángulo θ más grande posible?

Problema 13: Una carga puntual positiva Q está en el centro de un cubo de arista L . Además, otras seis cargas puntuales negativas idénticas $-q$ están colocadas simétricamente alrededor de Q como se muestra en la figura. Determine el flujo eléctrico a través de una de las caras del cubo.



Valores sugeridos: $Q = 5\mu\text{C}$, $q = -1\mu\text{C}$, $L = 0,100\text{m}$.

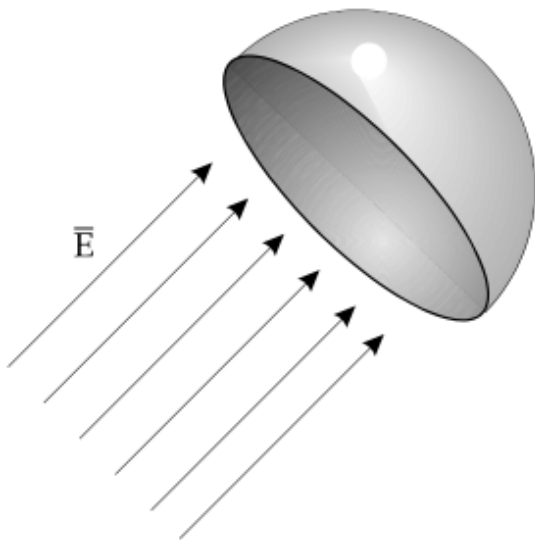
Problema 14: Una carga puntual q está situada en el centro de un cubo cuya arista tiene una longitud d .

- Calcule el flujo del campo eléctrico a través de toda la superficie del cubo.
- ¿Cuánto vale el flujo del campo eléctrico a través de una cara de este cubo?
- ¿Cambiarían las respuestas de los incisos anteriores si la carga q no se encontrase en el centro del cubo? Explique sus argumentos.
- Considere ahora que la carga q se ubica coincidente con uno de los vértices del cubo. Determine el flujo del campo \vec{E} a través de cada una de las caras del cubo. Si el lado del cubo fuera $2d$, ¿qué pasaría con el valor de dicho flujo?

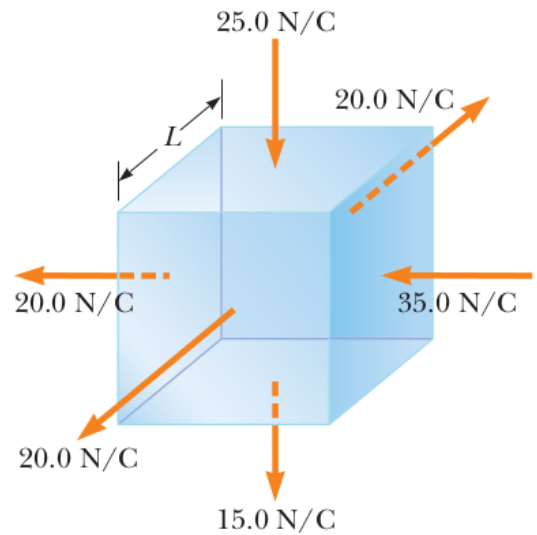
Valores sugeridos: $q = 10\mu\text{C}$, $d = 0,10\text{m}$.

Problema 15: Para los siguientes casos:

- Calcular el flujo del Campo Eléctrico que atraviesa un hemisferio de radio R como se indica en la figura (a). El campo \vec{E} es uniforme y paralelo al eje del hemisferio.



(a)



(b)

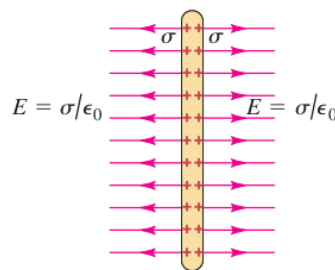
b) Suponga que el módulo del campo eléctrico sobre cada cara del cubo de arista $L = 1,00\text{m}$ de la figura es uniforme y las direcciones de los campos en cada cara son las indicadas.

- 1) Encuentre el flujo eléctrico a través del cubo y
- 2) la carga neta en el interior del cubo. ¿Podría la carga neta ser la carga de una carga puntual?

Problema 16: Un campo eléctrico no uniforme está dado por la expresión $\vec{E} = 5ay\hat{i} + bz\hat{j} + cx\hat{k}$ donde a , b y c son constantes. Determine el flujo eléctrico a través de una superficie rectangular en el plano xy , que se extiende desde $x = 0$ hasta $x = w$ y desde $y = 0$ hasta $y = h$.

Problema 17: Planos infinitos.

- a) Una placa conductora grande y aislada tiene una carga por unidad de área σ sobre su superficie. Como la placa es conductora, el campo eléctrico en su superficie es perpendicular a la superficie ¿por qué? y su módulo es $E = \sigma/\epsilon_0$. Sin embargo, el campo generado por una lámina grande, con carga uniforme y con carga por unidad de área σ tiene una magnitud de $E = \sigma/2\epsilon_0$, exactamente la mitad de una placa conductora con carga. ¿Por qué existe esta diferencia? Recuerde que la distribución de carga en la placa conductora es como si hubiera dos láminas de carga (una en cada superficie), cada una con carga por unidad de área de σ ; muestre usando superposición que $E = 0$ dentro de la placa, y que $E = \sigma/\epsilon_0$ fuera de la placa. ¿Cómo cambia la situación si enfrentamos a esta placa con otra pero con carga opuesta $-\sigma$?



- b) Considere ahora que esta placa es de un material aislante, como por ejemplo plástico o vidrio, de espesor $2a$ y posee una distribución uniforme de carga ρ . Encontrar el campo eléctrico en todo el espacio.

Problema 18: En un día claro, el campo eléctrico medido sobre la superficie de la Tierra tiene una magnitud del orden de 100 N/C y está dirigido hacia su centro. Calcule la densidad de carga en la superficie terrestre, suponiendo que la Tierra puede modelarse como una esfera conductora.

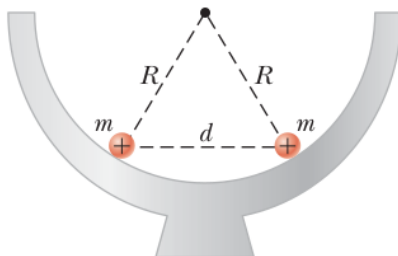
Problema 19: Una esfera sólida, conductora, de radio a tiene una carga eléctrica positiva $2Q$. Un cascarón esférico, conductor, de radio interior b ($b > a$) y radio exterior c , concéntrico con la esfera sólida, tiene una carga $-Q$.

- Encuentre el campo eléctrico en todo el espacio y grafique el valor de la componente escalar del campo.
- ¿Cuál es la distribución de carga en el cascarón?
- Asuma ahora que la esfera es de material aislante y que su carga está distribuida de manera uniforme por todo su volumen con una densidad ρ , ¿cómo cambian los resultados anteriores?

Problemas Adicionales

Problema 20: Dos esferas pequeñas idénticas tienen una masa m y una carga q . Cuando se les coloca en un tazón hemisférico de radio R y de paredes no conductoras y libres de fricción, las esferas se mueven, y cuando están en equilibrio se encuentran a una distancia d .

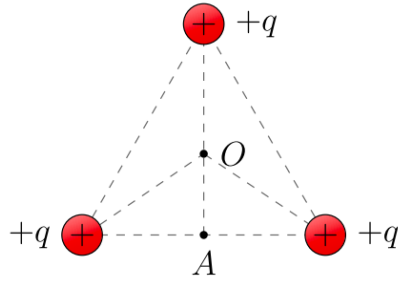
- Determine la carga q sobre cada esfera,
- determine la carga requerida para que d sea igual a $2R$.



Problema 21: Considere un número infinito de partículas idénticas, cada una con carga q , colocadas a lo largo del eje x a distancias $a, 2a, 3a, 4a, \dots$, desde el origen. ¿Cuál es el campo eléctrico en el origen debido a esta distribución? Sugerencia: use el hecho de que

$$1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots = \frac{\pi^2}{6}.$$

Problema 22: ¿Qué carga q' se debe colocar en el punto O para anular el campo eléctrico en el punto A , debido a las tres cargas $+q$ ubicadas en los vértices del triángulo equilátero? Datos: $l = 10\text{cm}$ y $q = 9\text{nC}$.



Problema 23: Un anillo de radio a posee una carga total q distribuida uniformemente.

- ¿Cuánta carga almacena el anillo por unidad de longitud?
- Calcule el vector campo eléctrico en un punto sobre el eje perpendicular al anillo y que pasa por su centro, situado a una distancia z del mismo. ¿Cuánto vale el campo en el centro del anillo?
- Suponga que coloca una carga q_0 de signo opuesto a la carga del anillo en el centro del mismo y la desplaza ligeramente una distancia $z \ll a$ a lo largo del eje z . Cuando libera la carga, ¿qué tipo de movimiento muestra?

Problema 24: Considere un disco de radio R que tiene una distribución superficial uniforme de carga σ .

- Calcule el campo eléctrico sobre un eje perpendicular al disco y que pasa por su centro.
- ¿Qué ocurre con el campo hallado en a) muy lejos del disco? Analice el resultado.
- Estudie lo que ocurre con el campo hallado en a) cuando $R \rightarrow \infty$.

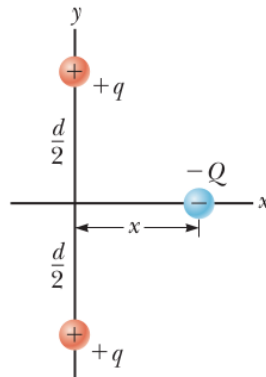
Problema 25: Un dipolo eléctrico consiste de dos cargas puntuales de magnitudes e y $-e$, ubicadas sobre el eje z en las posiciones $z = \pm a$ respectivamente ($a > 0$).

- Determine analíticamente el campo eléctrico producido por el dipolo, a lo largo del eje z .
- Dibuje algunas líneas de campo y analice el comportamiento del mismo cuando $|z| \gg a$. Discuta los resultados obtenidos.
- Calcule y dibuje el campo que produce el dipolo sobre el plano $z = 0$ (plano $x - y$).
- Asuma ahora que el signo de las dos cargas son iguales, cómo cambian sus respuestas anteriores. ¿Existe algún punto sobre el eje z donde el campo es nulo?

Problema 26: Dos cargas puntuales positivas q se colocan sobre el eje y en $y = d/2$ y en $y = -d/2$. Se coloca una carga puntual negativa $-Q$ en cierto punto de la parte positiva del eje x .

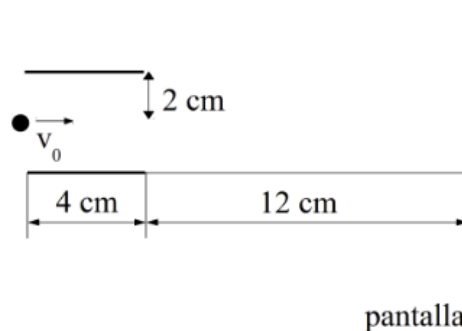
- En un diagrama de cuerpo libre, indique las fuerzas que actúan sobre la carga $-Q$.
- Encuentre las componentes x y y de la fuerza neta que ejercen las dos cargas positivas sobre $-Q$. (Su respuesta sólo debería incluir k , q , Q , d y la coordenada x de la tercera carga.)
- ¿Cuál es la fuerza neta sobre la carga $-Q$ cuando está en el origen ($x = 0$)?
- Grafique la componente x de la fuerza neta sobre la carga $-Q$ en función de x para valores de x entre $-2d$ y $+2d$.

- e) Suponga que la carga $-Q$ es libre de moverse sobre el eje x , qué tipo de movimiento describe si se la libera en una posición $x \ll d$. Determine el periodo de dicho movimiento. ¿Qué tan rápido se moverá la carga $-Q$ cuando llegue al punto medio entre las dos cargas fijas?

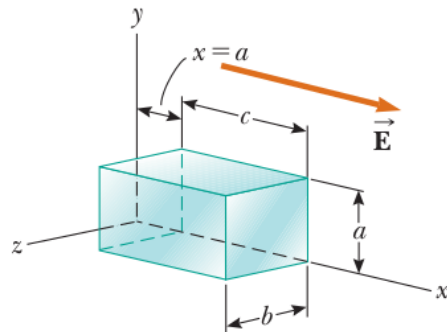


Problema 27: Un osciloscopio de rayos catódicos consta de dos placas delgadas, planas y paralelas, con cargas de igual magnitud y diferente signo. El campo eléctrico generado por este sistema resulta perpendicular a las placas, y dirigido desde la placa con carga positiva (superior) hacia aquella con carga negativa (inferior), causando la deflexión de la trayectoria de partículas cargadas, las cuales eventualmente impactan contra una pantalla fluorescente (ver figura). Suponga que entre las placas de deflexión existe un campo eléctrico de módulo $3 \times 10^4 \text{ N/C}$.

- ¿Cuánto vale la fuerza que este campo ejerce sobre un electrón?
- ¿Cuál es la aceleración que adquiere el electrón en presencia de este campo? Desprecie efectos gravitatorios.
Suponiendo que el electrón se lanza con una velocidad inicial de $2 \times 10^7 \text{ m/s}$ en la dirección de un eje equidistante de las placas como se ilustra en la figura:
- ¿Cuál es el desplazamiento perpendicular a la dirección de movimiento original cuando el electrón pasa por el extremo de las placas?
- ¿Cuánto vale el ángulo que forma el vector velocidad del electrón con la dirección original de movimiento cuando abandona las placas?
- ¿A qué distancia del eje choca el electrón en la pantalla fluorescente?

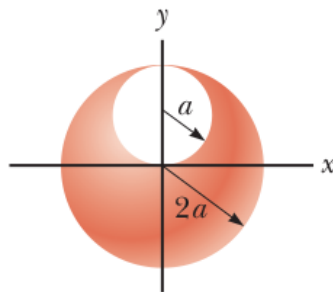


Problema 28: Una superficie cerrada de dimensiones a , b y c está colocada como se observa en la figura. La arista izquierda de la superficie cerrada está ubicada en la posición $x = a$. El campo eléctrico en toda la región no es uniforme y tiene un valor $\vec{E} = (3,0 + 2,0x^2)\hat{i}$ N/C, donde x está expresado en metros. Calcule el flujo eléctrico neto que sale de la superficie cerrada. ¿Cuál es la carga neta que se encuentra dentro de la superficie?



Valores sugeridos: $a = b = 0,400\text{m}$, $c = 0,600\text{m}$.

Problema 29: Una esfera de radio $2a$ está hecha de un material no conductor con una densidad de carga volumétrica uniforme ρ . Suponga que el material no afecta al campo eléctrico. Se efectúa en seguida una cavidad de radio a en la esfera, como se muestra en la figura. Demuestre que el campo eléctrico dentro de la cavidad es uniforme y está dado por $E_x = 0$ y $E_y = \rho a/3\epsilon_0$.



Problema 30: Suponga que un electrón puede moverse libremente por un pequeño túnel en el interior de una esfera de radio R , la cual tiene una distribución uniforme de carga positiva, con carga total Q . Se suelta el electrón desde el reposo a una distancia x_0 del centro de la esfera ($x_0 < R$). Describa el movimiento del electrón y calcule algún tiempo característico del movimiento.

Nota: Puede resolver este mismo problema considerando un túnel en la Tierra y un cuerpo de masa m moviéndose en su interior. ¿Qué resultado sorprendente encuentra referido al período del cuerpo m ?