

FISICA II

Coloquio N° 1:

Ley de Coulomb. Campo eléctrico. Ley de Gauss. Diferencia de potencial eléctrico.

Problemas a resolver en el coloquio:

Problema 1: Campo eléctrico creado por un plano cargado muy grande.

Una placa plana cuadrada de espesor nulo y de 8 m de lado está ubicada en $x = 0$. Tiene una carga total de $9 \mu\text{C}$ repartida uniformemente en toda su superficie.

- De acuerdo a la simetría del problema, razone cómo deben ser las líneas de campo eléctrico creado por esa placa en puntos cercanos a ella pero alejados de los bordes. Considere los casos de x positivos y negativos. Haga todos los esquemas que considere necesarios.
- Determine cuál es la superficie adecuada para aplicar la ley de Gauss y aplíquela para calcular la expresión que da el módulo del campo eléctrico, en puntos a una distancia x a cada lado de la placa. Grafique la magnitud de E en función de x . Dé la expresión correcta del **vector** campo para x positivos y negativos.
- Las expresiones calculadas en (b), ¿podrían usarse para calcular el campo a distancias del orden de 10 m de la placa? Justifique su respuesta.
- Calcule la fuerza (módulo, dirección y sentido) que se ejercerá sobre un ion K^+ ubicado en las siguientes posiciones: $x_1 = 6 \text{ cm}$, $x_2 = 12 \text{ cm}$, $x_3 = -6 \text{ cm}$.
- ¿Qué cambia si la carga del plano es negativa?

Problema 2: Dos planos con cargas opuestas.

Usando los resultados del problema anterior y el principio de superposición,

- Calcule en todos los puntos del espacio el campo eléctrico originado por dos planos infinitos cargados, uno con densidad superficial de carga $+\sigma$, ubicado en $x=-d/2$ y el otro con densidad $-\sigma$, ubicado en $x=d/2$.
- Dibuje las líneas del campo eléctrico resultante. Grafique la magnitud del campo eléctrico en función de x .
- Si $|\sigma| = 2 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$, calcule la fuerza que se ejerce sobre un ion Na^+ ubicado en $x = 0$. Haga un esquema mostrando el vector fuerza.
- Calcule la diferencia de potencial entre el punto medio entre las placas ($x=0$) y la superficie de la placa negativa, indicando cuál es el punto de mayor potencial.
- Aplicando la conservación de la energía, determine con qué energía cinética llegará el catión a la placa negativa, si se lo suelta desde el reposo en su posición inicial ($x=0$).

Problema 3: Dos cascarones esféricos concéntricos

Un cascarón metálico de pared muy delgada tiene 0.02 m de radio y una carga de 25 nC. Está completamente rodeado por otro cascarón esférico de pared muy delgada, de 0.05 m de radio y que tiene una carga de -30 nC.

- Obtenga las expresiones del campo eléctrico en todo el espacio, utilizando ley de Gauss.
- Evalúe la diferencia de potencial entre los cascarones. ¿Cuál cascarón está a mayor potencial?
- Un ion Na^+ que se encuentra sujeto en la cara externa del cascarón interior, se suelta. Calcule su energía cinética justo antes de chocar con la cara interna del cascarón exterior, en J y en eV.

Ayuda: dibuje las situaciones inicial y final y escriba la energía potencial y cinética para cada una de ellas.

Adicionales

Problema 4: Dos cargas puntuales

Dos cargas puntuales, $q_1 = +4\text{nC}$ y $q_2 = -4\text{nC}$ se encuentran sobre el eje y , q_1 en el origen y q_2 en $(x=0, y=2\text{mm})$.

- Determine la fuerza resultante (módulo, dirección y sentido) que se ejercerá sobre una carga $q_0 = 10^{-3}\text{ nC}$ cuando se la ubica en los siguientes puntos: $(x=2\text{mm}, y=0)$; $(x=2\text{mm}, y=1\text{mm})$; $(x=2\text{mm}, y=2\text{mm})$.
- Determine además el campo eléctrico (módulo, dirección y sentido) en cada uno de esos puntos.

Problema 5: Esfera con densidad de carga volumétrica uniforme.

Una esfera de radio R centrada en el origen de coordenadas tiene una carga neta Q distribuida en forma **homogénea** en todo su volumen.

- El material con que está construida la esfera, ¿es aislador o conductor?
- Expresa la densidad volumétrica de carga ρ .
- Analice la simetría del problema y determine qué superficies de Gauss debería usar para calcular las expresiones de la componente radial del campo eléctrico en función de r , en el interior y en el exterior de la esfera. Realice los cálculos.
- Grafique la componente radial del campo en función de la distancia r al centro de la esfera.
- Muestre que en este caso E es continuo para todo r .

Problema 6: Campo eléctrico creado por un hilo cargado muy largo

Un hilo rectilíneo infinito cargado, con densidad de carga $\lambda = 4\mu\text{C/m}$ está ubicado sobre el eje z . De acuerdo a la simetría del problema,

- razone cómo deben ser las líneas de campo eléctrico creado por el hilo.
- Dibuje las líneas de campo eléctrico en una proyección sobre el plano xy .
- Dibuje las líneas de campo eléctrico en una proyección sobre el plano zx .
- Determine cuál es la superficie adecuada para aplicar la ley de Gauss y aplíquela para calcular la expresión que da la componente radial del campo eléctrico en un punto a una distancia r del eje z .
- Grafique $|\mathbf{E}|$ en función de r
- Escriba la expresión correcta del **vector** campo eléctrico en función de la distancia r . ¿Qué cambiaría si la carga del hilo fuera negativa?
- Calcule la fuerza (módulo, dirección y sentido) sobre una carga puntual $q = 2\text{ nC}$ ubicada a 10 cm del hilo. ¿Qué cambia si la carga q es negativa? Dibuje vector campo y vector fuerza para los casos de q positiva y negativa.

Problema 7: Dos hilos largos

Dos hilos conductores de longitud muy grande comparada con la distancia que los separa están ubicados en forma paralela, a una distancia de 2 m . Poseen igual densidad de carga, pero de signo opuesto, siendo su valor $\lambda = 50\mu\text{C/m}$. Usando resultados anteriores y el **principio de superposición**:

- Calcule el vector \mathbf{E} en el punto medio de la línea perpendicular que une los conductores.
- Encuentre el vector \mathbf{E} en un punto separado perpendicularmente al anterior una distancia de 2 m (fuera del plano de los conductores).
- Repita (a) y (b) cuando $\lambda_1 = 2\lambda_2$.

(Ayuda: tenga en cuenta que está sumando **vectores**, y utilice un sistema de referencia para evaluar las componentes de los campos en cada dirección del espacio)

Problema 8: Dos cascarones cilíndricos concéntricos.

Dos cascarones cilíndricos coaxiales de 1 m de longitud tienen radios $a = 5\text{ cm}$ y $b = 10\text{ cm}$. Su espesor es despreciable. El cascarón interior tiene una carga total de $2 \times 10^{-8}\text{ C}$, y el exterior tiene $-2 \times 10^{-8}\text{ C}$.

De acuerdo a la simetría del problema, y suponiendo que el eje de los cascarones está en dirección z ,

- Para cada región del espacio ($r < a$, $a < r < b$, $r > b$), determine cuál es la superficie cerrada adecuada para aplicar la ley de Gauss, y aplíquela para calcular la expresión que da la componente radial del campo eléctrico en función de r , para puntos alejados de los extremos de los cascarones (¿por qué decimos esto?).
- Grafique $|E|$ en función de r .
- Escriba la expresión correcta del vector campo eléctrico en función de la distancia r .
- Calcule la diferencia de potencial entre los dos cascarones.
- ¿Qué cambios habrá si se llena el espacio interior entre los cascarones con un dieléctrico de constante dieléctrica relativa 2.8?

Problema 9: Esfera con densidad de carga volumétrica uniforme rodeada de cascarón conductor.

Una esfera maciza aislante de radio $R_1 = 2$ cm está uniformemente cargada con una carga $q_1 = 10$ nC. Está rodeada por un cascarón conductor de radio interno $R_2 = 3$ cm, con un espesor $e = 2$ cm y cargado con una carga $q_2 = -15$ nC

- Indique en un esquema gráfico como se distribuyen las cargas en el conductor
- Calcule las expresiones para la componente radial del campo eléctrico en función de la distancia " r " al centro de los cuerpos cargados, para todo valor de r .
- Realice el gráfico de $|E|$ en función de r .
- Calcule la diferencia de potencial entre R_1 y R_2 , y entre R_1 y $R_2 + e$.
- Se suelta un ion Cl^- que estaba en reposo sobre la superficie interior del cascarón. ¿Cuál será su energía cinética cuando esté a punto de chocar contra la superficie de radio R_1 ?
- ¿Cómo se modificarían los puntos (b), (c), (d) y (e), si la carga del cascarón conductor fuese nula?

Problema 10: Cascarón metálico grueso con / sin carga puntual en su centro

Una carga puntual $Q = 28$ nC se encuentra en el origen de coordenadas. Está rodeada por un cascarón esférico grueso de radio interior $r_i = 30$ mm y radio exterior $r_e = 50$ mm. El cascarón es metálico y tiene carga neta cero.

- Aplique la ley de Gauss para calcular las expresiones de la magnitud del campo eléctrico en función de r para $r < r_i$ y $r > r_e$.
- Aplique la ley de Gauss en una superficie cerrada de radio $r_i < r < r_e$ para demostrar que hay carga inducida en la superficie interior del cascarón conductor. ¿Qué ocurre en la superficie exterior? Dé el valor y signo de la carga y de la densidad de carga inducida en cada superficie.
- Si ahora se le transfiere una carga de 49 nC al cascarón grueso exterior, ¿cambia la carga inducida en la superficie interior? ¿Y en la exterior? ¿en qué región del espacio habrá cambios en el campo eléctrico? Calcúlelo/s.
- Idem (c), para el caso en que la carga transferida al cascarón exterior sea de -49 nC.
- Determine cómo estaría distribuida la carga si ahora se tiene **solamente** el cascarón exterior con una carga de 49 nC, **sin** la carga puntual en el centro.

Problema 11: Átomo de H

Describiendo de modo clásico al átomo de hidrógeno, podemos considerar que el núcleo es una carga puntual $q_1 = +e$ ubicada en el origen de coordenadas, que está en reposo, mientras que el electrón es una carga $q_2 = -e$ describiendo órbitas circulares de radio $a_0 = 5.29 \cdot 10^{-11}$ m (radio de Bohr).

Usando resultados de problemas anteriores:

- Calcule el potencial creado por el núcleo en $r = a_0$, suponiendo que el potencial en infinito es 0.
- Calcule la energía potencial eléctrica del electrón en esa ubicación, en J y en eV.
- Aplicando la segunda ley de Newton y el concepto de aceleración normal, determine la velocidad del electrón en su órbita y calcule su energía cinética.
- ¿Cuánto vale la energía total (potencial eléctrica + cinética) almacenada en el átomo de H? ¿Qué significa el signo negativo de esa energía? Expresé este valor en eV y compárelo con el de la energía de ionización del H. ¿Qué puede decir de la aproximación utilizada?