

Física III - Química (2018)

Práctica 1

Campo electroestático - Ley de Gauss - Potencial Electroestático

1. Dos planos conductores infinitos y paralelos entre sí están separados una distancia d . Utilizando la ley de Gauss encuentre el campo eléctrico en todo el espacio y dibuje las líneas de fuerza cuando:
 - (a) La densidad de carga en cada plano es σ .
 - (b) El plano izquierdo tiene una densidad de carga $+\sigma$ y el derecho una carga $-\sigma$.
 - (c) ¿Qué sucede si retiramos –hacemos desaparece de alguna manera– el segundo plano? ¿Variará el valor del campo eléctrico debido al primero?
 - (d) ¿De quién depende \vec{E} exclusivamente en todos estos casos? Notar que, lo suficientemente cerca de un conductor de forma suave, su superficie siempre puede aproximarse por un plano.
 - (e) ¿En qué suposición se utiliza implícitamente la condición de que los planos son infinitos? Esquematice las líneas de campo para el caso en el que los planos son finitos (nuevamente puede valerle de un graficador).
2. En un capacitor de placas paralelas separadas una distancia $d = 0.3mm$ un electrón parte del reposo desde la placa con densidad de carga negativa hacia la positiva (suponga $\sigma = 10\mu C/m^2$).
 - (a) Calcule la velocidad con la que llega a la placa positiva.
 - (b) Determine el trabajo realizado por la fuerza eléctrica sobre el electrón. ¿Se trata de una fuerza conservativa?
 - (c) Escriba una expresión que cuantifique la energía potencial para todos los puntos de la trayectoria del electrón.
 - (d) Calcule la energía almacenada en el capacitor. Puede pensarla como la energía necesaria para cargar al mismo, transfiriendo carga desde una placa inicialmente neutra a la otra ($\sigma = Q/A$). O también, como el trabajo para separar en d las dos placas cargadas inicialmente juntas. ¿Coincide el resultado con QV , donde V es la diferencia de potencial entre las placas? ¿Por qué? Compare el resultado obtenido con el proveniente de considerar la energía almacenada en el campo electrostático $u = U/(Ad) = 1/2\epsilon_0 E^2$.
3. Se tienen dos esferas de radio R . La esfera A tiene una densidad de carga que decrece del centro a la superficie como $\rho(r) = \frac{3\alpha(R-r)}{\pi R^4}$, α una constante, y la B tiene una densidad superficial σ . En cada caso determinar:
 - (a) la carga contenida por las esferas,
 - (b) el campo eléctrico dentro y fuera de las esferas ¿es continuo en la superficie de las mismas?
 - (c) las condiciones que deben cumplir las componentes normal y tangencial del campo eléctrico en la superficie de las esferas.
4. Un disco de radio R se encuentra cargado con una densidad uniforme de carga σ .
 - (a) ¿Cuánto vale el flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada que no incluya al disco? La respuesta implica que el campo eléctrico es nulo dentro y/o sobre la superficie considerada.
 - (b) ¿Cuánto vale el flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada que contiene en su interior el disco? ¿Puede entonces utilizarse la ley de Gauss para determinar el campo eléctrico generado por el disco? Justificar.
 - (c) Hallar el campo eléctrico en puntos ubicados a una distancia d sobre el eje del disco.
 - (d) ¿Cuánto vale el campo eléctrico si $d \ll R$? Comparar con el caso de un plano infinito.

(e) ¿Cuánto vale el campo eléctrico si $d \gg R$? Comparar con el caso de una carga puntual.

5. Un potencial electrostático está dado por

$$V(x, y, z) = \begin{cases} -Cx & \text{para } x \geq 0 \\ Cx & \text{para } x < 0 \end{cases}$$

con C una constante.

(a) Determinar y graficar el campo eléctrico ¿A qué situación física corresponde?

(b) ¿Cuál es la densidad de carga que lo origina?

6. El campo eléctrico en una dada región del espacio en coordenadas cilíndricas está dado por

$$\vec{E}(r) = \begin{cases} -Cr \hat{r} & \text{para } r < R \\ C\frac{R^2}{r} \hat{r} & \text{para } r \geq R \end{cases}$$

(a) Hallar la densidad de carga que lo origina, comprobar que no existe una densidad de carga superficial en $r = R$.

(b) Indicar a que situación física corresponde ¿Es posible definir el potencial igual a 0 cuando $r \rightarrow \infty$?

(c) Calcular la diferencia de potencial entre $r = 0$ y $r = 3R$.

(d) ¿Cuál es la densidad de energía almacenada en el campo eléctrico?

7. En base a su conocimiento de configuraciones de carga proponga un modelo muy simple para la molécula de monóxido de carbono CO .

(a) estime el momento dipolar de la molécula (sugerencia: considere que su polaridad se debe a cargas puntuales).

(b) calcule el torque sobre la molécula debido a un campo eléctrico constante de módulo $5 \times 10^4 N/C$ cuando el dipolo y el campo son perpendiculares.

(c) repita para el caso en que el dipolo y el campo son colineales. ¿Es estable esta configuración?

(d) repita para el caso general en que el dipolo y el campo forman un ángulo θ . Grafique.

8. Dibujar líneas de fuerza y superficies equipotenciales para una carga puntual positiva aislada, para una carga puntual negativa aislada y para un dipolo eléctrico.

(a) Especificar en cada caso la dirección en la que aumenta el potencial.

(b) ¿Es el valor del campo eléctrico siempre el mismo sobre una equipotencial?

(c) En el caso del dipolo, existe una equipotencial rectilínea que corta perpendicularmente al dipolo por el medio. Interprete físicamente este hecho.

(d) ¿Qué relación hay entre las superficies equipotenciales y el campo eléctrico?

9. Un dipolo eléctrico de momento p está ubicado sobre el eje x de un dado sistema de coordenadas.

(a) Mostrar que el potencial en un punto lejos del dipolo es aproximadamente $V(r, \theta) = p \cos \theta / (4\pi\epsilon_0 r^2)$.

(b) A partir de este resultado, calcular el campo eléctrico creado por el dipolo.

(c) ¿Puede calcularse el campo usando la ley de Gauss?

(d) Grafique el campo eléctrico de un dipolo. Se sugiere utilizar algún graficador de PC (puede encontrar uno sencillo en línea en <https://academo.org/demos/vector-field-plotter/>).

10. Proponga una configuración de carga que posea únicamente momento cuadrupolar Q .

(a) ¿Cómo espera que varíe el campo conforme aumenta la distancia al cuadrupolo? ¿Y el potencial?

(b) Grafique las líneas de campo eléctrico para el caso del cuadrupolo lineal.

11. A partir de la expresión del campo eléctrico para una carga puntual $q > 0$, calcular
- la diferencia de potencial entre dos puntos A y B. ¿De qué depende esta cantidad? Notar que dado que $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$, el potencial siempre decrece en la dirección del campo.
 - Si una carga de prueba q' es desplazada desde A hasta B, ¿cuál es el cambio en su energía potencial? ¿Depende del valor o del signo de la carga q' ? ¿Cuál es el trabajo realizado por la fuerza eléctrica? ¿Depende este trabajo del valor o el signo de la carga q' ?
 - Calcule el trabajo necesario para acercar a una distancia $d = 1 \times 10^{-15}m$ dos protones (distancia del orden del tamaño de un núcleo atómico). ¿Es correcto calcularlo como Ed ? Compare este valor con las energías electrónicas típicas. De no mediar otras fuerzas: ¿qué sucedería si los protones fueran súbitamente liberados?

Preguntas conceptuales

- Carga neta cero en una región del espacio implica necesariamente que:
 - el flujo del campo eléctrico a través de una superficie cerrada que encierra dicha región es nulo;
 - el campo eléctrico es nulo en toda la región;
 - el campo eléctrico es nulo en todos los puntos de una superficie que encierra la región.
- La ley de Gauss para el campo eléctrico es válida solo:
 - cuando hay un alto grado de simetría;
 - en condiciones electroestáticas;
 - en ausencia de campos magnéticos;
 - siempre.
- Una bola cargada es llevada cerca de un conductor neutro aislado. El conductor es luego puesto a tierra mientras la bola aún esta en las cercanías. Decir si el conductor queda cargado positivamente, negativamente, o neutro si:
 - la bola es llevada a un punto lejano y luego la conexión a tierra es quitada
 - se quita primero la conexión a tierra y después la bola cargada es retirada
 - si tuviera dos conductores y dispusiera de más alambre conductor, ¿cómo haría para cargar ambos conductores con carga del mismo signo? ¿Y para dar carga de signos opuestos a cada conductor?
- Si el campo eléctrico \vec{E} es cero en cualquier punto de una superficie cerrada, ¿es cero necesariamente el flujo neto a través de dicha superficie? ¿Cuál es la carga neta dentro del volumen encerrado por la superficie?
 - Si el flujo neto a través de una superficie es cero, ¿es cero también el campo eléctrico en todos los puntos de la superficie? Analice el caso del campo de un dipolo eléctrico ubicado en el centro de una esfera.
- Explique qué requisito es el que hace posible definir un potencial electrostático, y por qué somos libres de elegir un potencial de referencia.
 - ¿Qué sucede con la energía cinética de una carga se desplaza por una equipotencial?
 - Conociendo la forma del potencial: ¿podría mostrar en qué punto del espacio una carga no experimenta fuerzas eléctricas?
- Verdadero o falso:
 - Como las líneas de un campo electrostático no pueden atravesar las paredes de un conductor, el campo dentro de un conductor hueco siempre es cero.

- (b) Como en condiciones estáticas el campo en el interior de un conductor debe ser nulo, no puede haber cargas dentro de un conductor (¿puede cargarse un conductor, entonces?)
- (c) Un conductor solamente puede cargarse por conducción.
- (d) Para que un conductor hueco aísle eficientemente el interior de campos electrostáticos externos es conveniente conectar el conductor a tierra.
- (e) Cargas estáticas en el exterior de un conductor hueco no pueden producir un campo eléctrico dentro de su cavidad.
- (f) Cargas estáticas en la cavidad de un conductor hueco no pueden producir campos eléctricos en el exterior de un conductor.
- (g) Ensamblar un capacitor de carga Q y diferencia de potencial V , con un campo eléctrico $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ en su interior demanda una energía QV , que es igual a la energía electrostática guardada en el volumen $U = 1/2\epsilon_0 \int E(\mathbf{r})^2 d\mathbf{r}$.
- (h) La energía potencial de una carga Q en el punto \mathbf{r} debida al potencial electrostático $V(\mathbf{r})$ es $QV(\mathbf{r})$. Este valor coincide con el negativo del trabajo hecho por la fuerza eléctrica $Q\mathbf{E}(\mathbf{r})$ al arrastrar esa carga una distancia d desde el punto de referencia hasta el punto en cuestión.
- (i) En el punto anterior, la diferencia de potencial siempre puede calcularse como $V(\mathbf{r}) = E(\mathbf{r})d$.
- (j) Si el potencial electrostático en un dado punto del espacio no es cero, una carga ubicada en el mismo experimentará fuerzas eléctricas. Cuanto mayor es el potencial, mayores las fuerzas.