



Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Escuela de Física
Materia Condensada
Ejercicios Recomendados



Interacción de la radiación con la materia

1. Considere la situación representada en la figura 1. Un campo eléctrico de 350 V/m es confinado a una región circular con un diámetro $d = 12.0 \text{ cm}$ y se dirige perpendicularmente hacia afuera del plano de la figura. Si el campo aumenta a una tasa de $20.0 \text{ V/m} \cdot \text{s}$ ¿cuál es
 - a) la dirección del campo magnético en el punto P y
 - b) la magnitud del campo magnético en el punto P , a una distancia $r = 15.0 \text{ cm}$ desde el centro del círculo?

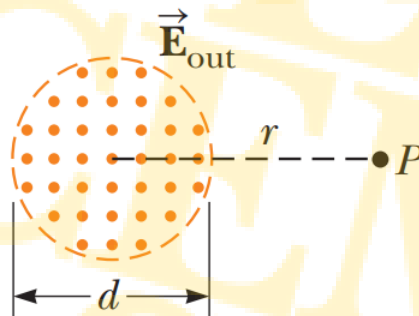


Figura 1: Imagen del problema 1.

2. Un electrón se desplaza a través de un campo eléctrico y magnético uniformes dados como $\vec{E} = (2.00\hat{i} + 5.00\hat{j}) \text{ V/m}$ y $\vec{B} = 0.500\hat{k} \text{ T}$. Determine la aceleración de un electrón cuando alcance una velocidad de $\vec{v} = 12.5\hat{i} \text{ m/s}$.
3. Un protón se mueve a través de una región que contiene un campo eléctrico uniforme dado por $\vec{E} = 50.0\hat{j} \text{ V/m}$ y un campo magnético uniforme $\vec{B} = (0.250\hat{i} + 0.300\hat{j} + 0.500\hat{k}) \text{ T}$. Determine la aceleración del protón si su velocidad es $\vec{v} = 215\hat{i} \text{ m/s}$.
4. Un láser de helio-neón emite una luz roja con longitud de onda de 632.8 nm . ¿Cuál es la frecuencia de las ondas de luz?
5. ¿Cuánto tiempo tarda la luz en viajar de la Luna a la Tierra, una distancia de $384\,000 \text{ km}$? La luz de la estrella Sirio tarda 8.61 años para llegar a la Tierra. ¿Cuál es la distancia, en kilómetros, de la estrella Sirio a la Tierra?
6. Considere cada una de las siguientes orientaciones de los campos eléctrico y magnético. En cada caso, ¿cuál es la dirección de propagación de la onda?
 - a. $\vec{E} = E\hat{i}$, $\vec{B} = -B\hat{j}$

- b. $\tilde{\mathbf{E}} = E\hat{j}$, $\tilde{\mathbf{B}} = B\hat{i}$
- c. $\tilde{\mathbf{E}} = -E\hat{k}$, $\tilde{\mathbf{B}} = -B\hat{i}$
- d. $\tilde{\mathbf{E}} = E\hat{i}$, $\tilde{\mathbf{B}} = -B\hat{k}$

7. Defina los siguientes parámetros del movimiento ondulatorio:

- a. Frecuencia
- b. Período
- c. Longitud de onda
- d. Número de onda
- e. Frecuencia angular

8. Los rayos X en medicina se obtienen de ondas electromagnéticas en el aire que tienen una longitud de onda de alrededor de 0.10 nm. ¿Cuáles son la frecuencia, el período y el número de onda de las ondas de este tipo?

9. Las cargas que se aceleran emiten radiación electromagnética. La rapidez con que se emite energía desde una de tales cargas q , con aceleración a , está dada por la expresión

$$\frac{dE}{dt} = \frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$$

donde c es la rapidez de la luz.

- a. Verifique que esta ecuación sea dimensionalmente correcta.
 - b. Si un protón con energía cinética de 6.0 MeV viaja en un acelerador de partículas en una órbita circular con radio de 0.750 m, ¿qué fracción de su energía irradia por segundo?
 - c. Considere un electrón que describe la misma órbita con igual rapidez y radio. ¿Qué fracción de su energía irradia por segundo?
10. Se puede considerar que el electrón de un átomo de hidrógeno describe una órbita circular con radio de 0.0529 nm y energía cinética de 13.6 eV. Si el electrón se comporta de acuerdo con la física clásica, ¿cuánta energía irradiaría por segundo? ¿Qué le dice esto sobre el uso de la física clásica para describir el átomo?
11. Un fotón de luz verde tiene una longitud de onda de 520 nm. Encuentre la frecuencia, la magnitud de la cantidad de movimiento y la energía del fotón. Expresé la energía tanto en joules como en electrón-volts.
12. Una superficie de níquel limpia se expone a luz cuya longitud de onda es de 235 nm. ¿Cuál es la rapidez máxima de los fotoelectrones emitidos de esta superficie? (*Considere la tabla 38.1 de Física Universitaria con Física Moderna de Sears y Zemansky, 14 ed. Vol. 2*)
13. ¿Cuál sería la función de trabajo mínima de un metal para que la luz visible (380 nm - 750 nm) expulse fotoelectrones?
14. Un electrón que está inicialmente en reposo recibe el impacto de un rayo X cuya longitud de onda es de 0.100 nm. La longitud de onda final del rayo X es de 0.110 nm. ¿Cuál es la energía cinética final del electrón?
-

15. Se producen rayos X en un tubo que opera a 24.0 kV. Después de que emergen del tubo, los rayos X con la longitud de onda mínima llegan a un blanco y se dispersan por efecto Compton en un ángulo de 45.0° . ¿Cuál es la longitud de onda original de los rayos X? ¿Cuál es la longitud de onda de los rayos X dispersados? ¿Cuál es la energía de los rayos X dispersados en electrón-volts?
16. En una dispersión Compton, los rayos X tienen inicialmente una longitud de onda de 0.900×10^{-10} m. ¿Para qué ángulo de dispersión la longitud de onda de los rayos X dispersados es 1.0 % mayor que la de los rayos X incidentes?
17. Un pulso ultracorto tiene una duración de 9.00 fs y produce luz con una longitud de onda de 556 nm. ¿Cuáles son la cantidad de movimiento e incertidumbre de la cantidad de movimiento de un fotón en el pulso?
18. Un láser produce una luz de longitud de onda de 625 nm en un pulso ultracorto. ¿Cuál es la duración mínima del pulso, si la incertidumbre mínima en la energía de los fotones es del 1.0 %?



Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Escuela de Física
Materia Condensada
Ejercicios Recomendados



Introducción a la mecánica cuántica

1. Calcule el momento lineal de un fotón cuya longitud de onda es 2.70×10^{-7} m. Encuentre la rapidez de un electrón con el mismo momento que el fotón anterior.
2. Para un electrón con energía cinética de 3.75 eV. Encuentre su longitud de onda. Supongo que un fotón tiene la misma energía cinética, ¿cuál sería su longitud de onda?
3. Calcule la longitud de onda de De Broglie para un protón que se mueve a una rapidez de 1.00×10^6 m/s.
4. Robert Hofstadter ganó el Premio Nobel de Física en 1961 por su estudio del *scattering* de electrones de 20 GeV por núcleos atómicos. ¿Cuál es el factor relativista $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ de un electrón con energía cinética de 20.0 GeV? ¿Cuál es el momento lineal del electrón, sabiendo que su energía cinética relativista será $\frac{1}{2}(\gamma - 1)m_e c^2$? ¿Cuál será la longitud de onda del electrón? ¿Cómo se compara la longitud de onda con el diámetro del núcleo atómico, el cual es típicamente del orden de 10^{-14} m?
5. Un electrón y una bala de 0.0210 kg tienen una rapidez de 500 m/s, conocida con una exactitud del 0.0090 %. ¿Dentro de qué cota inferior podríamos determinar la posición de cada objeto a lo largo de su trayectoria?
6. El promedio de vida de un muon es de $2 \mu s$. Estime la incertidumbre mínima en la energía en reposo del muon.
7. La incertidumbre de la componente y de la posición de un protón es de 2.1×10^{-12} m. ¿Cuál es la incertidumbre mínima en una medición simultánea de la componente y de la velocidad del protón? Si la incertidumbre en la componente z de la velocidad de un electrón es 0.240 m/s, ¿cuál es la incertidumbre mínima en la medición simultánea de la coordenada z del electrón?
8. Un electrón se mueve como una partícula libre en la dirección $-\hat{x}$ con un momento lineal de magnitud $4.50 \times 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$. ¿Cuál es la función de onda unidimensional dependiente del tiempo del electrón?
9. Una partícula se describe con una función de onda $\psi(x) = Ae^{-\alpha x^2}$, donde A y α son constantes reales positivas. Si aumenta el valor de α , ¿qué efecto tiene sobre la incertidumbre en la posición de la partícula? ¿Qué pasaría con la cantidad de movimiento?
10. Una partícula que se mueve en una dimensión (eje x) está descrita por $\psi(x) = Ae^{-bx}$ para $x \geq 0$ y $\psi(x) = Ae^{bx}$ para $x < 0$. Donde $b = 2.00 \text{ m}^{-1}$, $A > 0$ y el eje $+x$ apunta hacia la derecha.
 - a. Determine A de manera que la función de onda esté normalizada.

- b. Dibuje la gráfica de la función de onda.
- c. Calcule la probabilidad de encontrar esta partícula en cada una de las siguientes regiones:
- Dentro de 45.0 cm del origen
 - En el lado izquierdo del origen. Pregúntese, ¿es posible inferir la respuesta con ver la gráfica nada más?
 - Entre $x = 0.550$ m y $x = 1.10$ m.
11. Calcule el ancho L de una caja unidimensional para el que la energía del estado fundamental de un electrón en la caja es igual al valor absoluto del estado fundamental de un átomo de hidrógeno.
12. Cierta átomo requiere 3.0 eV de energía para excitar un electrón desde el nivel fundamental al primer nivel excitado. Modele el átomo como un electrón en una caja y calcule el ancho L de la caja.
13. ¿Cuál es la probabilidad de que una partícula se encuentre en una caja de longitud L en la región entre $x = L/4$ y $x = 3L/4$, cuando la partícula está en el nivel fundamental y el primer nivel excitado?
14. Una partícula cuántica está descrita por $\psi(x) = A \cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right)$ para x entre $-L/4$ y $L/4$. Normalice la función de onda y encuentre la probabilidad de que la partícula se encuentre entre $x = 0$ y $x = L/8$ si se midiera la posición.
15. Muestre que la función de onda

$$\psi(x) = Ae^{i(kx - \omega t)}$$

es una solución de la ecuación de Schrödinger donde $k = 2\pi/\lambda$ y $U = 0$.

16. La función de onda de una partícula con masa m es:

$$\psi(x) = A \cos(kx) + B \sin(kx)$$

donde A , B y k son constantes. Suponiendo que la partícula es libre, muestre que $\psi(x)$ es una solución de la ecuación de Schrödinger. Encuentre la energía de la partícula.

17. En una región del espacio, una partícula cuántica con energía total cero tiene función de onda

$$\psi(x) = A x e^{-x^2/L^2}$$

Encuentre la energía potencial $U(x)$ y gráfiquela.



Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Escuela de Física
Materia Condensada
Ejercicios Recomendados



Teoría cuántica del átomo

1. ¿Cuál es la energía de un fotón que, al ser absorbido por un átomo de hidrógeno, podría causar una transición energética del estado $n = 2$ al estado $n = 5$? ¿Cuál es la energía para la transición entre los estados $n = 4$ y $n = 6$?
2. Un fotón es emitido por un átomo de hidrógeno al transicionar del estado $n = 5$ al $n = 3$. Calcule: la energía del fotón (en electronvoltios), su longitud de onda y la frecuencia.
3. Un fotón con energía de 3.28 eV es absorbido por un átomo de hidrógeno. Encuentre el mínimo valor de n para que el átomo de hidrógeno sea ionizado por tal fotón, la rapidez del electrón liberado en el estado de la parte anterior cuando esté lejos del núcleo.
4. Para un estado esféricamente simétrico del átomo de hidrógeno, la ecuación de Schrödinger en coordenadas esféricas es

$$-\frac{\hbar^2}{2m_e} \left(\frac{d^2\psi}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{d\psi}{dr} \right) - \frac{k_e e^2}{r} \psi = E\psi.$$

Muestre que la función de onda 1s para un electrón en el hidrógeno, dada por

$$\psi_{1s}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/2a_0}$$

satisface la ecuación de Schrödinger. ¿Cuál es la energía del átomo en este estado?

5. La función radial $R(r)$ de la función de onda para el átomo de hidrógeno en el estado $2p$ es

$$\psi_{2p} = \frac{1}{\sqrt{3}(2a_0)^{3/2}} \frac{r}{a_0} e^{-r/2a_0}.$$

¿Cuál es la distancia más probable desde el núcleo en dónde se puede encontrar al electrón en el estado $2p$?

6. Para una partícula en una caja cúbica de tres dimensiones, determine la degeneración (número de estados cuánticos diferentes con la misma energía) de los niveles siguientes de energía:
 - a. $3\pi^2\hbar^2/2mL^2$
 - b. $9\pi^2\hbar^2/2mL^2$
7. Para cada uno de los siguientes estados de una partícula en una caja cúbica tridimensional, ¿en qué puntos la función de distribución de probabilidad es máxima?
 - a. $n_X = 1, n_Y = 1, n_Z = 1$

- b. $n_X = 2$, $n_Y = 2$, $n_Z = 1$
8. ¿Cuál es la diferencia de energía entre los dos niveles mínimos de energía de un protón en una caja cúbica de 1.00×10^{-14} m por lado, el diámetro aproximado de un núcleo?
9. La cantidad de movimiento angular orbital de un electrón tiene 4.716×10^{-34} $kg \cdot m^2/s$ de magnitud. ¿Cuál es el número cuántico de cantidad movimiento angular l para este electrón?
10. En un estado particular del átomo de hidrógeno, el ángulo entre el vector de la cantidad de movimiento angular $\tilde{\mathbf{L}}$ y el eje z es $\theta = 26.6^\circ$. Si este es el ángulo mínimo para este valor del número cuántico orbital l , ¿cuál es el valor de L ?
11. Calcule, en unidades de \hbar , la magnitud de la cantidad de movimiento angular orbital máxima de un electrón de un átomo de hidrógeno, para estados con números cuántico principal 2, 20 y 200. Compare cada uno con el valor de $n\hbar$ postulado en el modelo de Bohr. ¿Qué tendencia observa usted?
12. Demuestre que $\Phi(\phi) = \text{Exp}(im_l\phi) = \Phi(\phi + 2\pi)$ si y solo si, m_l se restringe a valores de $0, \pm 1, \pm 2, \dots$. *Pista: utilice la fórmula de Euler $\text{Exp}(i\phi) = \text{Cos}(\phi) + i\text{Sin}(\phi)$.*
13. Enumere los posibles números cuánticos para el átomo de hidrógeno asociados con las subcapas energéticas $3d$, $3p$, $4d$ y $4p$.
14. Una partícula es confinada en una región tridimensional del espacio de lados L . Los niveles de energía son

$$\frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL^2} (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)$$

Con n_x , n_y , n_z números enteros positivos. Esboce un diagrama de niveles energéticos mostrando las energías, números cuánticos y degeneraciones para los primeros 10 niveles energéticos.