

## Tema 8: El nacimiento de la Mecánica Cuántica

### ACTIVIDADES

#### 0801. La radiación del cuerpo negro.

**A-1.** Un cuerpo negro esférico de 10 cm de radio se encuentra a 5200 K. a) ¿Qué cantidad de energía emite en 10 minutos? b) Si el 10 % de la energía emitida corresponde a  $\lambda = 500$  nm, ¿cuántos fotones de esa longitud de onda abandonan la superficie del cuerpo negro en ese tiempo?

**A-2.** El espectro de emisión de un cuerpo negro, esférico, de 1 m de radio, tiene su máximo en  $\lambda = 600$  nm. Calcula: A) La temperatura a la que se encuentra. B) La energía total que emite por unidad de tiempo. C) La energía total que alcanza una superficie de 1 cm<sup>2</sup>, situada a 1 m de distancia de la superficie del cuerpo negro y en posición perpendicular a la dirección de propagación, en una hora.

**A-3.** ¿Cómo varía la temperatura de un cuerpo negro ideal, si la longitud de onda para la que se emite la máxima radiación se reduce en un 10%?

**A-4.** Calcula la temperatura de la superficie de una estrella que emite un máximo de radiación a una frecuencia de  $6,12 \cdot 10^{14}$  Hz. ¿Qué energía por metro cuadrado y por segundo emite dicha estrella? (Sol: 5908 K y  $6,9 \cdot 10^7$  W/m<sup>2</sup>)

**A-5.** Calcula la temperatura a la que se encuentra la superficie del Sol ( $R = 6,96 \cdot 10^8$  m) sabiendo que en un año emite una energía de  $1,94 \cdot 10^{34}$  J. (Sol: 6497 K)

#### 0802. Efectos fotoeléctrico y Compton.

**A-6.** Calcula el trabajo mínimo necesario para extraer un electrón de un átomo de sodio, sabiendo que su frecuencia umbral es  $4,39 \cdot 10^{14}$  Hz. Expresa el resultado en eV.

**A-7.** Un fotón, cuya energía es 15 keV, choca con un electrón libre en reposo y sale dispersado. Si el ángulo de dispersión es de 60°, calcula cuánto vale la energía, la frecuencia y longitud de onda del fotón dispersado.

**A-8.** El trabajo de extracción para el potasio vale 2,22 eV. Calcula: a) La frecuencia umbral del potasio y di a qué color de luz corresponde. b) La energía de un fotón de  $\lambda_{\text{rojo}} = 700$  nm y la de uno de  $\lambda_{\text{azul}} = 465$  nm. c) Di si ambos fotones serán capaces de arrancar electrones del potasio. d) ¿Qué energía cinética máxima podrán tener los electrones arrancados por esta luz azul?

#### 0803. Espectros y modelos atómicos.

**A-9.** Determina la longitud de onda de las dos primeras líneas de la serie de Balmer del espectro del átomo de hidrógeno.

**A-10.** Halla la longitud de onda de la radiación que debe absorber un átomo de hidrógeno para pasar del estado fundamental ( $n = 1$ ) al primer estado excitado ( $n = 2$ ).

**A-11.** Un átomo de hidrógeno está en un estado excitado con una energía  $E_2 = -3,40$  eV. Ocurre una transición hacia otro estado con una energía  $E_1 = -13,6$  eV y se emite un fotón. Calcula la frecuencia de la radiación emitida.

#### 0804. Las bases de la Mecánica Cuántica.

**A-12.** Calcular la longitud de onda de De Broglie asociada a una persona de 70 kg moviéndose a 2 m/s.

**A-13.** Calcular la imprecisión inherente a la medida de la posición de un electrón si la imprecisión en la medida de su velocidad es  $\Delta v = 200$  m/s. Datos:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J·s;  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg.

**A-14.** Estudiamos una partícula  $\alpha$  y un protón moviéndose a velocidades relativistas y vemos que tienen la misma longitud de onda asociada de De Broglie. a) Relaciona las velocidades de ambas partículas; b) Relaciona las energías totales de ambas partículas.

### EJERCICIOS DEL TEMA

**1.** Estimar la incertidumbre en la velocidad del electrón del átomo de hidrógeno suponiendo que podemos llegar a conocer su posición con una indeterminación de 1 pm. Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s;  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg.

**2.** Al iluminar un metal con luz monocromática de frecuencia  $f = 1,1 \cdot 10^{15}$  Hz se observa que la energía cinética máxima de los electrones emitidos es de 2 eV. Calcular: a) La frecuencia umbral para que se produzca el efecto fotoeléctrico. b) La frecuencia de la luz con que hay que iluminar para que la energía máxima de los electrones sea superior en un 25 % a la del caso anterior.

**3.** Si se duplica la frecuencia de la radiación que incide sobre una placa de metal, ¿se duplica la energía cinética de los electrones extraídos? ¿Por qué?

**4.** La energía que se requiere para extraer un electrón del berilio es 2,4 eV ¿Podemos producir efecto fotoeléctrico para el berilio con luz anaranjada cuya longitud de onda es de 6.700 Å?

**5.** Al incidir sobre el potasio una luz de 3.000 Å de longitud de onda, los electrones emitidos tienen una energía cinética máxima de 2.05 eV. Calcula la energía del fotón incidente y la energía de extracción del

potasio.

**6.** Un fotón de  $10^{-11}$  m de longitud de onda, experimenta la dispersión Compton en una muestra de silicio. La radiación dispersada lo es en una dirección perpendicular a la de incidencia. Calcula la longitud de onda y la energía de los fotones dispersados.

**7.** El Sol se puede considerar como una enorme esfera incandescente de radio  $6,96 \cdot 10^8$  m y una temperatura superficial de unos 5800 K. Si suponemos que el Sol se comporta como un cuerpo negro ideal: A) Calcula la energía total que emite el Sol cada segundo. B) Utiliza la ecuación relativista,  $E = m \cdot c^2$ , para calcular la pérdida de masa del Sol en forma de radiación en un año.

**8.** Una radiación monocromática que tiene una longitud de onda en el vacío de 600 nm y una potencia de 0,54 W, penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuyo trabajo de extracción es de 2,0 eV. Determina: A) El número de fotones por segundo que viajan con la radiación. B) La longitud de onda umbral del efecto fotoeléctrico para el cesio. C) La energía cinética de los electrones emitidos. D) La velocidad con que llegan los electrones al ánodo si se aplica una diferencia de potencial de 100 V.

**9.** Una antena de telefonía emite ondas electromagnéticas de 900 Mhz con una potencia de 5 W. a) ¿Cuántos fotones emite en media hora? b) ¿Esa radiación puede producir efecto fotoeléctrico en un metal cuyo trabajo de extracción es de 4,34 eV? ¿Si la antena emite con 10 W de potencia se modifica la respuesta anterior?

**10.** El ojo humano presenta su mayor sensibilidad para luz con longitud de onda de 560 nm. a) Calcula la energía del fotón correspondiente. b) Si la mínima intensidad que el ojo detecta es de unos  $10^{-10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  y el diámetro de la pupila es de unos 8 mm, calcula a cuántos fotones por segundo equivale.

**11.** Determina la longitud de onda, frecuencia y cantidad de movimiento de un electrón de 5 eV.

**12.** Un átomo de sodio inicialmente en reposo emite un fotón de luz amarilla ( $\lambda = 598 \text{ nm}$ ). ¿Cuál es la dirección y el módulo de la velocidad de retroceso del átomo cuya masa es de  $24 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ ?

**13.** Un fotón posee una longitud de onda igual a  $2,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ . Calcula la cantidad de movimiento y la energía que tiene.

**14.** Un fotón de  $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  incide contra un electrón en reposo. Tras el choque el fotón sale desviado  $90^\circ$  con un  $\lambda = 5,3 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ . Determina la cantidad de movimiento, la energía y el ángulo con que sale desviado el electrón.

**15.** El trabajo de extracción para el sodio es de 2,5 eV. Calcula: a) La longitud de onda de la radiación que debemos usar para que los electrones salgan del metal con una velocidad máxima de  $10^7 \text{ m/s}$  b) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones que salen del metal.

**16.** ¿Con qué velocidad se mueve un electrón que lleva asociada una onda de  $1 \text{ Å}$ ?

**17.** Davisson y Germer difractaron un haz de electrones acelerados por un potencial de 54 V. Calcula: a) la frecuencia de la onda asociada. b) el valor de la longitud de onda de De Broglie observada.

**18.** Una antena de telefonía móvil emite radiación de 900 MHz con una potencia de 1500 W. Calcula: a) La longitud de onda de la radiación emitida; b) La intensidad de la radiación a una distancia de 50 m de la antena; c) El número de fotones emitidos por la antena durante un segundo.

**19.** Un metal tiene una frecuencia umbral de  $4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  para el efecto fotoeléctrico. a) Si el metal se ilumina con una radiación de  $4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  de longitud de onda ¿Cuál será la energía cinética y la velocidad de los electrones emitidos? b) Si el metal se ilumina con otra radiación distinta de forma que los electrones emitidos tengan una energía cinética el doble que en el caso anterior ¿Cuál será la frecuencia de esta radiación?

**20.** Un láser de longitud de onda  $\lambda = 630 \text{ nm}$  tiene una potencia de 10 mW y un diámetro de haz de 1 mm. Calcule: a) La intensidad del haz. b) El número de fotones por segundo que viajan con el haz.

**21.** Un microscopio electrónico utiliza electrones acelerados a través de una diferencia de potencial de 40000 V. Determina su poder de resolución suponiendo que es igual a la longitud de onda de De Broglie de los electrones.

**22.** El potencial de frenado de los electrones emitidos por la plata cuando se incide sobre ella con luz de longitud de onda de 200 nm es 1,48 V. Deduzca: a) La función de trabajo (o trabajo de extracción) de la plata, expresada en eV. b) La longitud de onda umbral en nm para que se produzca el efecto fotoeléctrico.

**23.** Un protón que se mueve con velocidad constante en el sentido positivo del eje X penetra en una región del espacio donde hay un campo eléctrico  $E = 4 \cdot 10^5 \text{ N/C}$  y un campo magnético  $B = -2 \text{ j T}$  siendo j y k los vectores unitarios en las direcciones de los ejes Y y Z respectivamente. a) Determine la velocidad que debe llevar el protón para que atraviese dicha región sin ser desviado. b) En las condiciones del apartado anterior, calcule la longitud de onda de De Broglie del protón.

**24.** Determine la longitud de onda de De Broglie y la energía cinética, expresada en eV, de: a) un electrón cuya longitud de onda de De Broglie es igual a la longitud de onda en el vacío de un fotón de energía  $10^4 \text{ eV}$ . b) una piedra de masa 80 g que se mueve con una velocidad de 2 m/s.

- 25.** Calcule en los dos casos siguientes la diferencia de potencial con que debe ser acelerado un protón que parte del reposo para que después de atravesar dicho potencial: a) El momento lineal del protón sea  $10^{-21} \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . b) La longitud de onda de De Broglie asociada al protón sea  $5 \times 10^{-13} \text{ m}$ .
- 26.** Un electrón que parte del reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 50 V. Calcule: a) El cociente entre los valores de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad alcanzada por el electrón. b) La longitud de onda de De Broglie asociada al electrón después de atravesar dicho potencial.
- 27.** Un protón que parte del reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 10 V. Determine: a) La energía que adquiere el protón expresada en eV y su velocidad en m/s. b) La longitud de onda de De Broglie asociada al protón moviéndose con la velocidad anterior.
- 28.** El trabajo de extracción para el Na es de 2,5 eV. Calcule: a) La longitud de onda de la radiación que debemos usar para que los electrones salgan del metal con una velocidad máxima de  $10^7 \text{ m/s}$ . b) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones que salen del metal con la velocidad de  $10^7 \text{ m/s}$ .