

(96-E) Comente las siguientes afirmaciones:

- a) La teoría de Planck de la radiación emitida por un cuerpo negro afirma que la energía se absorbe o emite únicamente en cuantos de valor  $E = h\nu$ .
- b) De Broglie postuló que, al igual que los fotones presentan un comportamiento dual de onda y partícula, una partícula presenta también dicho comportamiento dual.

(97-R) Comente las siguientes afirmaciones:

- a) El número de fotoelectrones emitidos por un metal es proporcional a la intensidad del haz luminoso incidente.
- b) La energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos por un metal aumenta con la frecuencia del haz de luz incidente.

(98-E) Se llama “diferencia de potencial de corte” de una célula fotoeléctrica,  $V_C$ , a la que hay que aplicar entre el ánodo y el fotocátodo para anular la intensidad de corriente.

- a) Dibuje y comente la gráfica que relaciona  $V_C$  con la frecuencia de la luz incidente y escribir la expresión de la ley física correspondiente.
- b) ¿Dependerá la gráfica anterior del material que constituye el fotocátodo? ¿Puede determinarse la constante de Planck a partir de una gráfica experimental de  $V_C$ , frente a la frecuencia de la radiación incidente? Indique cómo.

(98-R) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie. ¿Depende la longitud de onda asociada a una partícula que se mueve con una cierta velocidad, de su masa?

- b) Comente el significado físico y las implicaciones de la dualidad onda-corpúsculo.

(98-R) a) Indique por qué la existencia de una frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico va en contra de la teoría ondulatoria de la luz.

- b) Si una superficie metálica emite fotoelectrones cuando se ilumina con luz verde, razone si lo emitirá cuando sea iluminada con luz azul.

(99-R) a) Explique brevemente en qué consiste el efecto fotoeléctrico.

- b) ¿Tienen la misma energía cinética todos los fotoelectrones emitidos?

(99-R) a) Explique la hipótesis de De Broglie de dualidad onda-corpúsculo.

- b) Explique por qué no suele utilizarse habitualmente la idea de dualidad al tratar con objetos macroscópicos.

(00-E) a) ¿Qué entiende por dualidad onda-corpúsculo?

- b) Un protón y un electrón tienen la misma velocidad. ¿Serán iguales las longitudes de onda de De Broglie de ambas partículas? Razone la respuesta.

(00-R) En un estudio del efecto fotoeléctrico, se realiza la experiencia con dos fuentes luminosas: una de intensidad  $I$  y frecuencia  $\nu$  y otras de intensidad  $I/2$  y frecuencia  $2\nu$ . Si  $\nu$  es mayor que la frecuencia umbral, razona:

- a) ¿Con qué fuente se emiten electrones con mayor velocidad?
- b) ¿Con qué fuente la intensidad de la corriente fotoeléctrica es mayor?

(00-R) Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones relativas al efecto fotoeléctrico:

- a) La emisión de electrones se produce un cierto tiempo después de incidir los fotones, porque necesitan acumular energía suficiente para abandonar el metal.

*La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

b) Si se triplica la frecuencia de la radiación incidente sobre un metal, se triplicará la energía cinética de los fotoelectrones.

(01-R) a) ¿Qué significado tiene la expresión "longitud de onda asociada a una partícula"?

b) Si la energía cinética de una partícula aumenta, ¿aumenta o disminuye su longitud de onda asociada?

(01-R) a) De entre las siguientes opciones, elija la que crea correcta y explique por qué. La energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos por un metal depende de: i) la intensidad de la luz incidente; ii) la frecuencia de la luz incidente; iii) la velocidad de la luz.

b) Razone si es cierta o falsa la siguiente afirmación: "En un experimento sobre el efecto fotoeléctrico los fotones con frecuencia menor que la frecuencia umbral no pueden arrancar electrones del metal".

(01-R) Comente las siguientes afirmaciones relativas al efecto fotoeléctrico:

a) El trabajo de extracción de un metal depende de la frecuencia de la luz incidente.

b) La energía cinética máxima de los electrones emitidos varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente.

(02-E) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie e indique de qué depende la longitud de onda asociada a una partícula.

b) ¿Se podría determinar simultáneamente, con exactitud, la posición y la cantidad de movimiento de una partícula? Razone la respuesta.

(02-R) Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) La energía de los electrones emitidos por efecto fotoeléctrico no depende de la intensidad de la luz para una frecuencia dada.

b) El efecto fotoeléctrico no tiene lugar en un cierto material al incidir sobre él luz azul, y sí al incidir luz naranja.

(02-R) Razone las respuestas a las siguientes cuestiones:

a) ¿Puede conocerse con precisión la posición y la velocidad de un electrón?

b) ¿Por qué el principio de incertidumbre carece de interés en el mundo macroscópico?

(03-E) a) ¿Es cierto que las ondas se comportan también como corpúsculos en movimiento? Justifique su respuesta.

b) Comente la siguiente frase: "Sería posible medir simultáneamente la posición de un electrón y su cantidad de movimiento, con tanta exactitud como quisiéramos, si dispusiéramos de instrumentos suficientemente precisos".

(03-R) a) Explique en qué se basa el funcionamiento de un microscopio electrónico.

b) Los fenómenos relacionados con una pelota de tenis se suelen describir considerándola como una partícula. ¿Se podría tratar como una onda? Razone la respuesta.

(03-R) a) Un átomo que absorbe un fotón se encuentra en un estado excitado. Explique qué cambios han ocurrido en el átomo. ¿Es estable ese estado excitado del átomo?

b) ¿Por qué en el espectro emitido por los átomos sólo aparecen ciertas frecuencias? ¿Qué indica la energía de los fotones emitidos?

(04-E) Analice las siguientes proposiciones razonando si son verdaderas o falsas:

## *La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

- a) El trabajo de extracción de un metal depende de la frecuencia de la luz incidente.
- b) La energía cinética máxima de los electrones emitidos en el efecto fotoeléctrico varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente.

(05-R). a) Describa la explicación de Einstein del efecto fotoeléctrico y relaciónela con el principio de conservación de la energía.

b) Suponga un metal sobre el que incide radiación electromagnética produciendo efecto fotoeléctrico. ¿Por qué al aumentar la intensidad de la radiación incidente no aumenta la energía cinética de los electrones emitidos?

(05-R) Al iluminar una superficie metálica con luz de frecuencia creciente empieza a emitir fotoelectrones cuando la frecuencia corresponde al color amarillo.

a) Explique razonadamente qué se puede esperar cuando el mismo material se irradie con luz roja. ¿Y si se irradia con luz azul?

b) Razone si cabría esperar un cambio en la intensidad de la corriente de fotoelectrones al variar la frecuencia de la luz, si se mantiene constante el número de fotones incidentes por unidad de tiempo y de superficie.

(05-E). a) Señale los aspectos básicos de las teorías corpuscular y ondulatoria de la luz e indique algunas limitaciones de dichas teorías.

b) Indique al menos tres regiones del espectro electromagnético y ordénelas en orden creciente de longitudes de onda.

(05-E) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie. Comente el significado físico y las implicaciones de la dualidad onda-corpúsculo.

b) Un mesón  $\pi$  tiene una masa 275 veces mayor que un electrón. ¿Tendrían la misma longitud de onda si viajasen a la misma velocidad? Razone la respuesta.

(06-R) a) Razone si tres haces de luz visible de colores azul, amarillo y rojo, respectivamente: i) tienen la misma frecuencia; ii) tienen la misma longitud de onda; iii) se propagan en el vacío con la misma velocidad. ¿Cambiaría alguna de estas magnitudes al propagarse en el agua?

b) ¿Qué es la reflexión total de la luz? ¿Cuándo puede ocurrir?

(06-E) a) Explique la conservación de la energía en el proceso de emisión de electrones por una superficie metálica al ser iluminada con luz adecuada.

b) Razone qué cambios cabría esperar en la emisión fotoeléctrica de una superficie metálica: i) al aumentar la intensidad de la luz incidente; ii) al aumentar el tiempo de iluminación; iii) al disminuir la frecuencia de la luz.

(06-R) a) Explique el proceso de emisión fotoeléctrica por una superficie metálica y las condiciones necesarias para que se produzca.

b) Razone por qué la teoría clásica no puede explicar el efecto fotoeléctrico.

(06-R) a) Enuncie el principio de incertidumbre y explique cuál es su origen.

b) Razone por qué no tenemos en cuenta el principio de incertidumbre en el estudio de los fenómenos ordinarios.

(07-R) Cuando se ilumina un metal con un haz de luz monocromática se observa emisión fotoeléctrica.

a) Explique, en términos energéticos, dicho proceso.

*La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

b) Si se varía la intensidad del haz de luz que incide en el metal, manteniéndose constante su longitud de onda, ¿variará la velocidad máxima de los electrones emitidos? ¿Y el número de electrones emitidos en un segundo? Razone las respuestas.

(07-E) Razone si la longitud de onda de De Broglie de los protones es mayor o menor que la de los electrones en los siguientes casos:

- a) ambos tienen la misma velocidad.
- b) ambos tienen la misma energía cinética.

(07-E) a) Explique, en términos de energía, el proceso de emisión de fotones por los átomos en un estado excitado.

b) Razone por qué un átomo sólo absorbe y emite fotones de ciertas frecuencias.

(08-R) Razone si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas:

- a) “Los electrones emitidos en el efecto fotoeléctrico se mueven con velocidades mayores a medida que aumenta la intensidad de la luz que incide sobre la superficie del metal”.
- b) “Cuando se ilumina la superficie de un metal con una radiación luminosa sólo se emiten electrones si la intensidad de luz es suficientemente grande”.

(08-R) a) Escriba la ecuación de De Broglie y comente su significado físico.

b) Considere las longitudes de onda asociadas a protones y a electrones, e indique razonadamente cuál de ellas es menor si las partículas tienen la misma velocidad. ¿Y si tienen el mismo momento lineal?

(08-R) a) Enuncie y comente el principio de incertidumbre de Heisenberg.

b) Explique los conceptos de estado fundamental y estados excitados de un átomo y razone la relación que tienen con los espectros atómicos.

(09-R) a) Explique qué se entiende por frecuencia umbral en el efecto fotoeléctrico.

b) Razone si al aumentar la intensidad de la luz con la que se ilumina el metal aumenta la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

(09-R) Razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- a) Cuando un electrón de un átomo pasa de un estado más energético a otro menos energético emite energía y esta energía puede tomar cualquier valor en un rango continuo.
- b) La longitud de onda asociada a una partícula es inversamente proporcional a su masa.

(09-R) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie. ¿Depende la longitud de onda asociada a una partícula de su masa?

b) Enuncie el principio de incertidumbre y explique su origen.

(10-R) a) Explique la hipótesis de De Broglie.

b) Considere un haz de protones y un haz de electrones de igual energía cinética. Razone cuál de ellos tiene mayor longitud de onda.

(10-R) a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.

b) Razone cómo cambiarían el trabajo de extracción y la velocidad máxima de los electrones emitidos si se disminuyera la longitud de onda de la luz incidente.

(11-R) a) Hipótesis de De Broglie.

b) Razone qué longitud de onda es mayor, la asociada a protones o a electrones de la misma energía cinética.

(11-R) a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.

b) Razone si es posible extraer electrones de un metal al iluminarlo con luz amarilla, sabiendo que al iluminarlo con luz violeta de cierta intensidad no se produce el efecto fotoeléctrico. ¿Y si aumentáramos la intensidad de la luz?

(12-R) a) Analice la insuficiencia de la física clásica para explicar el efecto fotoeléctrico.

b) Si tenemos luz monocromática verde de débil intensidad y luz monocromática roja intensa, capaces ambas de extraer electrones de un determinado metal, ¿cuál de ellas produciría electrones con mayor energía? ¿Cuál de las dos extraería mayor número de electrones? Justifique las respuestas.

(12-E) a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico y el concepto de fotón.

b) Razone por qué la teoría ondulatoria de la luz no permite explicar el efecto fotoeléctrico.

(13-R) a) Razone por qué la teoría ondulatoria de la luz no permite explicar la existencia de una frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico.

b) Si una superficie metálica emite fotoelectrones cuando se ilumina con luz verde, razone si emitirá al ser iluminada con luz azul.

(13-R) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie.

b) Un protón y un electrón se mueven con la misma velocidad. ¿Cuál de los dos tiene mayor longitud de onda asociada? ¿Y si ambas partículas tuvieran la misma energía cinética? Razone las respuestas.

(14-E) a) Teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.

b) Una superficie metálica emite fotoelectrones cuando se ilumina con luz verde pero no emite con luz amarilla. Razone qué ocurrirá cuando se ilumine con luz azul o con luz roja.

(14-E) a) Hipótesis de De Broglie.

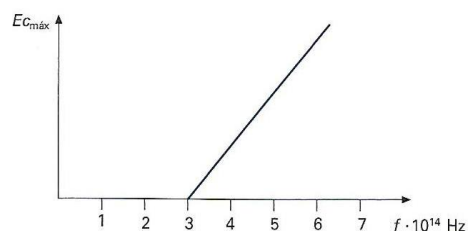
b) Un protón y un electrón tienen igual energía cinética. Razone cuál de los dos tiene mayor longitud de onda.

(15-E) a) Explique la hipótesis de De Broglie.

b) Un protón y un electrón tienen energías cinéticas iguales, ¿cuál de ellos tiene mayor longitud de onda de De Broglie? ¿Y si ambos se desplazaran a la misma velocidad? Razone las respuestas.

(15-R) a) Explique en qué consiste el efecto fotoeléctrico.

b) En una experiencia del efecto fotoeléctrico con un metal se obtiene la gráfica adjunta. Analice qué ocurre para valores de la frecuencia: i)  $f < 3 \cdot 10^{14}$  Hz; ii)  $f = 3 \cdot 10^{14}$  Hz; iii)  $f > 3 \cdot 10^{14}$  Hz; y razone cómo cambiaría la gráfica para otro metal que requiriese el doble de energía para extraer los electrones.



(15-R) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie e indique de qué depende la longitud de onda asociada a una partícula.

b) ¿Se podría determinar simultáneamente, con total exactitud, la posición y la cantidad de movimiento de una partícula? Razone la respuesta.

(15-R) a) Teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico: concepto de fotón.

b) Razone si, al triplicar la frecuencia de la radiación incidente sobre un metal, se triplica la energía cinética de los fotoelectrones.

(16-E) a) Teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico: concepto de fotón.

b) Un haz de luz provoca efecto fotoeléctrico en un determinado metal. Explique cómo se modifica el número de fotoelectrones y su energía cinética máxima si: i) aumenta la intensidad del haz luminoso; ii) aumenta la frecuencia de la luz incidente; iii) disminuye la frecuencia por debajo de la frecuencia umbral del metal.

(16-R) a) ¿Qué se entiende por dualidad onda-corpúsculo?

b) Un electrón y un neutrón se desplazan con la misma energía cinética. ¿Cuál de ellos tendrá un menor valor de longitud de onda asociada? Razone la respuesta.

**La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna      Problemas**

(96-E) Un metal, para el que la longitud de onda umbral de efecto fotoeléctrico es  $\lambda_0 = 275$  nm, se ilumina con luz de  $\lambda = 180$  nm.

- a) Explique el proceso en términos energéticos.
  - b) Calcule la longitud de onda, frecuencia y energía cinética de los fotoelectrones.
- $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

(97-E) Un protón se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 50 kv.

- a) Haga un análisis energético del problema y calcule la longitud de onda de De Broglie asociada a la partícula.
- b) ¿Qué diferencia cabría esperar si en lugar de un protón la partícula acelerada fuera un electrón?

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

(97-E) El cátodo de una célula fotoeléctrica se ilumina simultáneamente con dos radiaciones monocromáticas:  $\lambda_1 = 228$  nm y  $\lambda_2 = 524$  nm. El trabajo de extracción de un electrón de este cátodo es  $W = 3,40$  eV.

- a) ¿Cuál de las radiaciones produce efecto fotoeléctrico? Razone la respuesta.
- b) Calcule la velocidad máxima de los electrones emitidos. ¿Cómo variaría dicha velocidad al duplicarla intensidad de la radiación luminosa incidente?

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(98-E) Sea una célula fotoeléctrica con fotocátodo de potasio, de trabajo de extracción 2,22 eV. Mediante un análisis energético del problema, conteste razonadamente a las siguientes preguntas:

- a) ¿Se podría utilizar esta célula fotoeléctrica para funcionar con luz visible? (El espectro visible está comprendido entre  $380 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  y  $780 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ ).
- b) En caso afirmativo, ¿cuánto vale la longitud de onda asociada a los electrones de máxima energía extraídos con luz visible?

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(98-R) El material fotográfico suele contener bromuro de plata, que se impresiona con fotones de energía superior a  $1,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

- a) ¿Cuál es la frecuencia y la longitud de onda del fotón que es justamente capaz de activar una molécula de bromuro de plata?
- b) La luz visible tiene una longitud de onda comprendida entre  $380 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  y  $780 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ . Explique el hecho de que una luciérnaga, que emite luz visible de intensidad despreciable, pueda impresionar una película fotográfica, mientras que no puede hacerlo la radiación procedente de una antena de televisión que emite a 100 MHz, a pesar de que su potencia es de 50 kW.

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(98-R) Un haz de electrones es acelerado desde el reposo por una diferencia de potencial de 100 V.

- a) Haga un análisis energético del proceso y calcule la longitud de onda de los electrones tras ser acelerados, indicando las leyes físicas en que se basa.
- b) Repita el apartado anterior para el caso de protones y calcule la relación entre las longitudes de onda obtenidas en ambos apartados.

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

*La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

(99-E) Un haz de luz de longitud de onda  $546 \cdot 10^{-9}$  m penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio, cuyo trabajo de extracción es 2 eV.

- Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos.
- ¿Qué ocurriría si la longitud de onda incidente en la célula fotoeléctrica fuera el doble de la anterior?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(99-R) Un átomo de plomo se mueve con una energía cinética de  $10^7$  eV.

- Determine el valor de la longitud de onda asociada a dicho átomo.
- Compare dicha longitud de onda con las que corresponderían, respectivamente, a una partícula de igual masa y diferente energía cinética y a una partícula de igual energía cinética y masa diferente.

$$h = 6,36 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; 1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; m_{\text{Pb}} = 207 \text{ u}$$

(00-E) Al absorber un fotón se produce en un átomo una transición electrónica entre dos niveles separados por una energía de  $12 \cdot 10^{-19}$  J.

- Explique, energéticamente, el proceso de absorción del fotón por el átomo. ¿Volverá espontáneamente el átomo a su estado inicial?
- Si el mismo fotón incidiera en la superficie de un metal cuyo trabajo de extracción es de 3 eV, ¿se producirá emisión fotoeléctrica?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(01-R) Al iluminar la superficie de un cierto metal con un haz de luz ultravioleta de frecuencia  $f = 2 \cdot 10^{15}$  Hz, la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es de 2,5 eV.

- Determine el trabajo de extracción del metal.
- Explique qué ocurriría si la frecuencia de la luz incidente fuera: i)  $2f$ ; ii)  $f/2$ .

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(01-E) Al incidir luz de longitud de onda  $\lambda = 620 \cdot 10^{-9}$  m sobre una fotocélula se emiten electrones con una energía cinética máxima de 0,14 eV.

- Calcule el trabajo de extracción y la frecuencia umbral de la fotocélula.
- ¿Qué diferencia cabría esperar en los resultados del apartado a) si la longitud de onda incidente fuera doble?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}.$$

(01-E) Un haz de luz de longitud de onda  $546 \cdot 10^{-9}$  m incide en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio, cuyo trabajo de extracción es de 2 eV:

- Explicar las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcular la energía cinética máxima de los electrones emitidos.
- ¿Qué ocurriría si la longitud de onda de la radiación incidente en la célula fotoeléctrica fuera el doble de la anterior?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}.$$

(02-R) Un haz de luz de longitud de onda  $477 \cdot 10^{-9}$  m incide sobre una célula fotoeléctrica de cátodo de potasio, cuya frecuencia umbral es  $5,5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ .

- Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos.
- Razone si se produciría efecto fotoeléctrico al incidir radiación infrarroja sobre la célula anterior. (La región infrarroja comprende longitudes de onda entre  $10^{-3}$  m y  $7,8 \cdot 10^{-5}$  m).

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$



(02-R) Una lámina metálica comienza a emitir electrones al incidir sobre ella radiación de longitud de onda  $5 \cdot 10^{-7}$  m.

- Calcule con qué velocidad saldrán emitidos los electrones si la radiación que incide sobre la lámina tiene una longitud de onda de  $4 \cdot 10^{-7}$  m.
- Razone, indicando las leyes en que se basa, qué sucedería si la frecuencia de la radiación incidente fuera de  $4,5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ .

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(03-E) Al estudiar experimentalmente el efecto fotoeléctrico en un metal se observa que la mínima frecuencia a la que se produce dicho efecto es de  $1,03 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ .

- Calcule el trabajo de extracción del metal y el potencial de frenado de los electrones emitidos si incide en la superficie del metal una radiación de frecuencia  $1,8 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ .
- ¿Se produciría efecto fotoeléctrico si la intensidad de la radiación incidente fuera el doble y su frecuencia la mitad que en el apartado anterior? Razone la respuesta.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(03-R) Se acelera un protón mediante una diferencia de potencial de 3000 V.

- Calcule la velocidad del protón y su longitud de onda de De Broglie.
- Si en lugar de un protón fuera un electrón el que se acelera con la misma diferencia de potencial, ¿tendría la misma energía cinética? ¿Y la misma longitud de onda asociada? Razone sus respuestas.

$$m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(03-R) Se trata de medir el trabajo de extracción de un nuevo material. Para ello se provoca el efecto fotoeléctrico haciendo incidir una radiación monocromática sobre una muestra A de ese material y, al mismo tiempo, sobre otra muestra B de otro material cuyo trabajo de extracción es  $\Phi_B = 5 \text{ eV}$ . Los potenciales de frenado son  $V_A = 8 \text{ V}$  y  $V_B = 12 \text{ V}$ , respectivamente. Calcule:

- La frecuencia de la radiación utilizada.
- El trabajo de extracción  $\Phi_A$ .

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(04-E) Si iluminamos la superficie de un cierto metal con un haz de luz ultravioleta de frecuencia  $2,1 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ , los fotoelectrones emitidos tienen una energía cinética máxima de 2,5 eV.

- Explique por qué la existencia de una frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico va en contra de la teoría ondulatoria de la luz.
- Calcule la función trabajo del metal y su frecuencia umbral.

$$h = 6,6310^{-34} \text{ J s} ; e = 1,610^{-19} \text{ C}$$

(05-R). El trabajo de extracción del aluminio es 4,2 eV. Sobre una superficie de aluminio incide radiación electromagnética de longitud de onda  $200 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ . Calcule razonadamente:

- La energía cinética de los fotoelectrones emitidos y el potencial de frenado.
- La longitud de onda umbral para el aluminio.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(05-E) a) Cuál es la energía de un fotón cuya cantidad de movimiento es la misma que la de un neutrón de energía 4 eV.

- ¿Cómo variaría la longitud de onda asociada al neutrón si se duplicase su energía?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_n = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

(05-R) a) ¿Cuál es la energía cinética de un electrón cuya longitud de onda de De Broglie es de  $10^{-9}$  m?

b) Si la diferencia de potencial utilizada para que el electrón adquiriera la energía cinética se reduce a la mitad, ¿cómo cambia su longitud de onda asociada? Razone la respuesta.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(06-R) Al incidir luz de longitud de onda 620 nm en la superficie de una fotocélula, la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es 0,14 eV.

a) Determine la función trabajo del metal y el potencial de frenado que anula la fotoemisión.

b) Explique, con ayuda de una gráfica, cómo varía la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos al variar la frecuencia de la luz incidente.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(06-R) a) En un microscopio electrónico se aplica una diferencia de potencial de 20 kV para acelerar los electrones. Determine la longitud de onda de los fotones de rayos X de igual energía que dichos electrones.

b) Un electrón y un neutrón tienen igual longitud de onda de De Broglie. Razone cuál de ellos tiene mayor energía.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; m_n = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

(06-E) Al iluminar la superficie de un metal con luz de longitud de onda 280 nm, la emisión de fotoelectrones cesa para un potencial de frenado de 1,3 V.

a) Determine la función trabajo del metal y la frecuencia umbral de emisión fotoeléctrica.

b) Cuando la superficie del metal se ha oxidado, el potencial de frenado para la misma luz incidente es de 0,7 V. Razone cómo cambian, debido a la oxidación del metal: i) la energía cinética máxima de los fotoelectrones; ii) la frecuencia umbral de emisión; iii) la función trabajo.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(07-R) Un haz de electrones se acelera con una diferencia de potencial de 30 kV.

a) Determine la longitud de onda asociada a los electrones.

b) Se utiliza la misma diferencia de potencial para acelerar electrones y protones. Razone si la longitud de onda asociada a los electrones es mayor, menor o igual a la de los protones. ¿Y si los electrones y los protones tuvieran la misma velocidad?

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(07-R) Sobre una superficie de sodio metálico inciden simultáneamente dos radiaciones monocromáticas de longitudes de onda  $\lambda_1 = 500$  nm y  $\lambda_2 = 560$  nm. El trabajo de extracción del sodio es 2,3 eV.

a) Determine la frecuencia umbral de efecto fotoeléctrico y razone si habría emisión fotoeléctrica para las dos radiaciones indicadas.

b) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la velocidad máxima de los electrones emitidos.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(07-R) Un fotón incide sobre un metal cuyo trabajo de extracción es 2 eV. La energía cinética máxima de los electrones emitidos por ese metal es 0,47 eV.

a) Explique las transformaciones energéticas que tienen lugar en el proceso de fotoemisión y calcule la energía del fotón incidente y la frecuencia umbral de efecto fotoeléctrico del metal.

*La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

b) Razone cuál sería la velocidad de los electrones emitidos si la energía del fotón incidente fuera 2 eV.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(08-E) Al incidir un haz de luz de longitud de onda  $625 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  sobre una superficie metálica, se emiten electrones con velocidades de hasta  $4,6 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$

a) Calcule la frecuencia umbral del metal.

b) Razone cómo cambiaría la velocidad máxima de salida de los electrones si aumentase la frecuencia de la luz ¿Y si disminuyera la intensidad del haz de luz?

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(08-E) a) Un haz de electrones se acelera bajo la acción de un campo eléctrico hasta una velocidad de  $6 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ . Haciendo uso de la hipótesis de De Broglie calcule la longitud de onda asociada a los electrones.

b) La masa del protón es aproximadamente 1800 veces la del electrón. Calcule la relación entre las longitudes de onda de De Broglie de protones y electrones suponiendo que se mueven con la misma energía cinética.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$$

(09-E) Sobre un metal cuyo trabajo de extracción es de 3 eV se hace incidir radiación de longitud de onda de  $2 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .

a) Calcule la velocidad máxima de los electrones emitidos analizando los cambios energéticos que tienen lugar.

b) Determine la frecuencia umbral de fotoemisión del metal.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(09-R) Un haz de electrones se acelera desde el reposo con una diferencia de potencial. Tras ese proceso la longitud de onda asociada a los electrones es de  $8 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ .

a) Haga un análisis energético del proceso y determine la diferencia de potencial aplicada a los electrones.

b) Si un haz de protones se acelera con esa diferencia de potencial determine la longitud de onda asociada a los protones.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_p = 1840 m_e$$

(10-E) Al iluminar potasio con luz amarilla de sodio de  $\lambda = 5890 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  se liberan electrones con una energía cinética máxima de  $0,577 \cdot 10^{-11} \text{ J}$  y al iluminarlo con luz ultravioleta de una lámpara de mercurio de  $\lambda = 2537 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ , la energía cinética máxima de los electrones emitidos es  $5,036 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

a) Explique el fenómeno descrito en términos energéticos y determine el valor de la constante de Planck.

b) Calcule el valor del trabajo de extracción del potasio.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

(10-R) a) Calcule la energía cinética de un electrón cuya longitud de onda de De Broglie es  $5 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

b) Razone si un protón con la misma longitud de onda asociada tendría la misma energía cinética.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

(11-R) Una lámina metálica comienza a emitir electrones al incidir sobre ella luz de longitud de onda menor que  $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .

### *La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

a) Analice los cambios energéticos que tienen lugar en el proceso de emisión y calcule con qué velocidad máxima saldrán emitidos los electrones si la luz que incide sobre la lámina tiene una longitud de onda de  $2 \cdot 10^{-7}$  m.

b) Razone qué sucedería si la frecuencia de la radiación incidente fuera de  $5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$   
 $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

(11-R) El espectro de luz visible (luz blanca) incluye longitudes de onda comprendidas entre  $3,8 \cdot 10^{-7}$  m (violeta) y  $7,8 \cdot 10^{-7}$  m (rojo).

a) Enuncie la hipótesis de Planck y calcule la energía de los fotones que corresponden a las luces violeta y roja indicadas.

b) ¿Cuántos fotones de luz roja son necesarios para acumular una energía de 3 J?  
 $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

(12-R) Iluminamos con luz de longitud de onda  $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$  m la superficie de un metal alcalino cuyo trabajo de extracción es de 2 eV.

a) Explique qué ocurre y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

b) Calcule la longitud de onda de De Broglie asociada a dichos electrones.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

(13-R) Un haz de luz de longitud de onda 620 nm incide sobre la superficie de una fotocélula, emitiéndose electrones con energía cinética máxima de 0,14 eV.

a) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule el trabajo de extracción del metal y la frecuencia umbral.

b) ¿Se emitirían fotoelectrones si la longitud de onda incidente en la célula fotoeléctrica fuera el doble de la anterior?

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

(14-E) Sobre una superficie de potasio, cuyo trabajo de extracción es 2,29 eV, incide una radiación de  $0,2 \cdot 10^{-6}$  m de longitud de onda.

a) Razone si se produce efecto fotoeléctrico y, en caso afirmativo, calcule la velocidad de los electrones emitidos y la frecuencia umbral del material.

b) Se coloca una placa metálica frente al cátodo. ¿Cuál debe ser la diferencia de potencial entre ella y el cátodo para que no lleguen electrones a la placa?

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

(14-R) Al iluminar un fotocátodo de sodio con haces de luz monocromáticas de longitudes de onda 300 nm y 400 nm, se observa que la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es de 1,85 eV y 0,82 eV, respectivamente.

a) Determine el valor máximo de la velocidad de los electrones emitidos con la primera radiación.

b) A partir de los datos del problema determine la constante de Planck y la energía de extracción del metal.

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

(15-E) Al iluminar mercurio con radiación electromagnética de  $\lambda = 185 \cdot 10^{-9}$  m se liberan electrones cuyo potencial de frenado es 4,7 V.

a) Determine el potencial de frenado si se iluminara con radiación de  $\lambda = 254 \cdot 10^{-9}$  m, razonando el procedimiento utilizado.

b) Calcule el trabajo de extracción del mercurio.

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$  ;  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

(15-R) Un electrón que parte del reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 50 V.

a) Calcule la energía cinética y la longitud de onda de De Broglie asociada al electrón después de ser acelerado.

b) Si la diferencia de potencial aceleradora se redujera a la mitad, ¿cómo cambiaría la longitud de onda asociada al electrón? Razone la respuesta.

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(15-R) a) Calcule la longitud de onda asociada a un electrón que se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 20000 V.

b) Calcule la longitud de onda de De Broglie que correspondería a una bala de 10 g que se moviera a  $1000 \text{ m s}^{-1}$  y discuta el resultado.

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(16-R) El trabajo de extracción del cátodo metálico en una célula fotoeléctrica es 1,32 eV. Sobre él incide radiación de longitud de onda  $\lambda = 300 \text{ nm}$ .

a) Defina y calcule la frecuencia umbral para esta célula fotoeléctrica. Determine la velocidad máxima con la que son emitidos los electrones.

b) ¿Habrá efecto fotoeléctrico si se duplica la longitud de onda incidente? Razone la respuesta.

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

### **SELECTIVIDAD 2017 (CAMBIO EN LA ESTRUCTURA DE EXAMEN)**

(17-E) a) Enuncie el principio de dualidad onda-corpúsculo. Si un electrón y un neutrón se mueven con la misma velocidad, ¿cuál de los dos tiene asociada una longitud de onda menor?

b) Una lámina metálica comienza a emitir electrones al incidir sobre ella radiación de longitud de onda  $2,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ . Calcule la velocidad máxima de los fotoelectrones emitidos si la radiación que incide sobre la lámina tiene una longitud de onda de  $5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ .

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(17-R) a) Hipótesis de Planck y su relación con el efecto fotoeléctrico.

b) Al iluminar la superficie de un cierto metal con un haz de luz de longitud de onda  $2 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ , la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es de 3 eV. Determine el trabajo de extracción del metal y la frecuencia umbral.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(17-R) a) Explique la hipótesis de De Broglie de dualidad onda-corpúsculo y por qué no se considera dicha dualidad al estudiar los fenómenos macroscópicos.

b) Determine la relación entre las longitudes de onda asociadas a electrones y protones acelerados con una diferencia de potencial de  $2 \cdot 10^4 \text{ V}$ .

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s} ; e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

(17-R) a) ¿Se puede asociar una longitud de onda a cualquier partícula, con independencia de los valores de su masa y su velocidad? Justifique su respuesta.

b) ¿Qué velocidad ha de tener un electrón para que su longitud de onda sea 100 veces mayor que la de un neutrón cuya energía cinética es 6 eV?

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; m_n = 1,69 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(17-R) a) Explique el principio de incertidumbre de Heisenberg y por qué no se tiene en cuenta en el estudio de los fenómenos ordinarios.

b) La frecuencia umbral de fotoemisión del potasio es  $5,5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ . Calcule el trabajo de extracción y averigüe si se producirá efecto fotoeléctrico al iluminar una lámina de ese metal con luz de longitud de onda  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

### **SELECTIVIDAD 2018**

(18-E) a) Explique la conservación de la energía en el proceso de emisión de electrones por una superficie metálica al ser iluminada con luz adecuada.

b) Los fotoelectrones expulsados de la superficie de un metal por una luz de  $4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  de longitud de onda en el vacío son frenados por una diferencia de potencial de 0,8 V. ¿Qué diferencia de potencial se requiere para frenar los electrones expulsados de dicho metal por otra luz de  $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  de longitud de onda en el vacío? Justifique todas sus respuestas.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

(18-E) a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.

b) Se ilumina la superficie de un metal con dos haces de longitudes de onda  $\lambda_1 = 1,96 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  y  $\lambda_2 = 2,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ . Se observa que la energía cinética de los electrones emitidos con la luz de longitud de onda  $\lambda_1$  es el doble que la de los emitidos con la de  $\lambda_2$ . Obtenga la energía cinética con que salen los electrones en ambos casos y la función trabajo del metal.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(18-E) a) Se ilumina la superficie de un metal con dos fuentes de luz distintas observándose lo siguiente: con la primera de frecuencia  $\nu_1$  e intensidad  $I_1$  no se produce efecto fotoeléctrico mientras que si la iluminamos con la segunda de frecuencia  $\nu_2$  e intensidad  $I_2$  se emiten electrones. (i) ¿Qué ocurre si se duplica la intensidad de la fuente 1?; (ii) ¿y si se duplica la intensidad de la luz de la fuente 2?; (iii) ¿y si se incrementa la frecuencia de la fuente 2? Razone sus respuestas.

b) Para poder determinar la constante de Planck de forma experimental se ilumina una superficie de cobre con una luz de  $1,2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  observándose que los electrones se emiten con una velocidad de  $3,164 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ . A continuación se ilumina la misma superficie con otra luz de  $1,4 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  y se observa que los electrones se emiten con una velocidad de  $6,255 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ . Determine el valor de la constante de Planck y la función trabajo del cobre.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(18-R) a) Una superficie metálica emite fotoelectrones cuando se ilumina con luz verde pero no emite con luz amarilla.

Explique razonadamente qué ocurrirá cuando se ilumine con luz violeta y cuando se ilumine con luz roja.

b) Una radiación de  $1,8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  de longitud de onda incide sobre una superficie de rubidio, cuyo trabajo de extracción

es 2,26 eV. Explique razonadamente si se produce efecto fotoeléctrico y, en caso afirmativo, calcule la frecuencia

umbral del material y la velocidad de los electrones emitidos.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(18-R) a) Cuando se ilumina un metal con un haz de luz monocromática se observa que se produce emisión fotoeléctrica. Si se varía la intensidad del haz de luz que incide en el metal, manteniéndose constante su longitud de onda, ¿variará la velocidad máxima de los electrones emitidos? ¿Y el número de electrones emitidos en un segundo? Razone las respuestas.

b) La máxima longitud de onda con la que se produce el efecto fotoeléctrico en un metal es de  $7,1 \cdot 10^{-7}$  m. Calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos cuando se ilumina con luz de  $5 \cdot 10^{-7}$  m, así como el potencial de frenado necesario para anular la fotocorriente. Justifique todas sus respuestas.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(18-R) a) ¿Qué se entiende por dualidad onda-corpúsculo? Si un electrón y un neutrón se desplazaran con la misma energía cinética, ¿cuál de ellos tendrá un mayor valor de longitud de onda asociada? Razone su respuesta.

b) Se acelera un protón desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 5000 V. Determine la velocidad del protón y su longitud de onda de De Broglie. Si en lugar de un protón fuera un electrón el que se acelera con la misma diferencia de potencial, calcule su energía cinética y longitud de onda. Justifique todas sus respuestas.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

### **SELECTIVIDAD 2019**

(19-E) a) Sobre un metal se hace incidir una cierta radiación electromagnética produciéndose la emisión de electrones. i) Explique el balance energético que tiene lugar en el proceso. Justifique qué cambios se producirían si: ii) Se aumenta la frecuencia de la radiación incidente. iii) Se aumenta la intensidad de dicha radiación.

b) Se observa que al iluminar una lámina de silicio con luz de longitud de onda superior a  $1,09 \cdot 10^{-6}$  m deja de producirse el efecto fotoeléctrico. Calcule razonadamente la frecuencia umbral del silicio, su trabajo de extracción y la energía cinética máxima de los electrones emitidos cuando se ilumina una lámina de silicio con luz ultravioleta de  $2,5 \cdot 10^{-7}$  m.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(19-E) a) Explique el proceso de conservación de la energía que tiene lugar en el efecto fotoeléctrico. Imagine que tenemos luz azul de baja intensidad y luz roja de alta intensidad. Ambas logran extraer electrones de un cierto metal ¿Cuál producirá electrones con mayor energía cinética? ¿En qué caso habrá más electrones emitidos? Razone sus respuestas.

b) La energía mínima necesaria para arrancar un electrón de una lámina de un metal es de  $1,0 \cdot 10^{-18}$  J. Determine la frecuencia umbral de este metal y la longitud de onda correspondiente a la misma. Si se incide con una luz de longitud de onda  $0,85 \cdot 10^{-7}$  m, ¿qué energía cinética máxima tendrán los electrones extraídos?

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

(19-R) a) Enuncie el principio de dualidad onda-corpúsculo y explique por qué no se considera dicha dualidad al estudiar los fenómenos macroscópicos.

b) Al incidir luz de longitud de onda  $2,7625 \cdot 10^{-7}$  m sobre un material, los electrones emitidos con una energía cinética máxima pueden ser frenados hasta detenerse aplicando una diferencia de potencial de 2 V. Calcule el trabajo de extracción del material. Determine la longitud de onda de De Broglie de los electrones emitidos con energía cinética máxima.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(19-R) a) Explique el significado de los términos frecuencia umbral, trabajo de extracción y la relación entre ellos. ¿Cómo cambiarían dichas magnitudes si disminuyera la longitud de onda de una radiación que al incidir sobre un metal produce emisión de electrones?

b) Una lámina de sodio metálico cuyo trabajo de extracción es de 2,3 eV, es iluminada por una radiación de longitud de onda  $4 \cdot 10^{-7}$  m. ¿Cuál será la velocidad de los electrones

emitidos? ¿Cuál sería la velocidad de los electrones si se ilumina con una radiación de longitud de onda  $6 \cdot 10^{-7}$  m?

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J s;  $c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg

(19-R) a) Justifique la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones: i) Un electrón en movimiento puede ser estudiado como una onda o como una partícula. ii) Si se duplica la velocidad de una partícula se duplica también su longitud de onda asociada. iii) Si se reduce a la mitad la energía cinética de una partícula se reduce a la mitad su longitud de onda asociada.

b) Determine la longitud de onda de un electrón que es acelerado desde el reposo aplicando una diferencia de potencial de 200 V.

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J s;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg

(19-R) a) Responda razonadamente a las siguientes cuestiones: i) ¿Se podría determinar simultáneamente, con exactitud, la posición y la cantidad de movimiento de una partícula? ii) ¿Se tiene en cuenta el principio de incertidumbre en el estudio de los fenómenos ordinarios?

b) Al iluminar un metal con una radiación de frecuencia  $7,89 \cdot 10^{14}$  Hz se produce una emisión de electrones que requiere aplicar una diferencia de potencial de 1,3 V para frenarlos. Calcule razonadamente el trabajo de extracción del metal y justifique si al iluminarlo con una radiación de frecuencia  $4 \cdot 10^{14}$  Hz se producirá emisión de electrones.

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J s;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

### **SELECTIVIDAD 2020**

(20-E) a) Dos partículas de diferente masa tienen asociada una misma longitud de onda de De Broglie. Sabiendo que la energía cinética de una de ellas es el doble que la otra, determine la relación entre sus masas.

b) Se acelera un protón desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 1000 V. Determine: i) La velocidad que adquiere el protón. ii) Su longitud de onda de De Broglie.

$m_p = 1,7 \cdot 10^{-27}$  kg;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J s;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

(20-E) a) Al incidir luz roja sobre un determinado metal se produce efecto fotoeléctrico. Explique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: i) Si se duplica la intensidad de dicha luz se duplicará también la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos. ii) Si se ilumina con luz azul no se produce efecto fotoeléctrico.

b) Un metal tiene una frecuencia umbral de  $2 \cdot 10^{14}$  Hz para que se produzca el efecto fotoeléctrico. Si el metal se ilumina con una radiación de longitud de onda de  $2 \cdot 10^{-7}$  m, calcule: i) La velocidad máxima de los fotoelectrones emitidos. ii) El potencial de frenado.

$c = 3 \cdot 10^8$  m s<sup>-1</sup>;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J s;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

(20-R) a) Analice las siguientes proposiciones razonando si son verdaderas o falsas: i) La energía cinética máxima de los electrones emitidos en el efecto fotoeléctrico varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente. ii) El trabajo de extracción de un metal aumenta con la frecuencia de la luz incidente.

b) Al iluminar un metal con luz de frecuencia  $2 \cdot 10^{15}$  Hz se observa que los electrones emitidos pueden detenerse al aplicar un potencial de frenado de 5 V. Si la luz que se emplea con el mismo fin tiene una frecuencia de  $3 \cdot 10^{15}$  Hz, dicho potencial alcanza un valor de 9,125 V. Determine: i) El valor de la constante de Planck que se obtiene en esta experiencia. ii) La frecuencia umbral del metal.

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C



### *La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

(20-R) a) Las partículas  $\alpha$  son núcleos de helio, de masa cuatro veces la del protón y carga dos veces la del protón. Consideremos una partícula  $\alpha$  y un protón que poseen la misma energía cinética. ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie de ambas partículas?

b) Determine la diferencia de potencial con la que debe acelerarse una partícula  $\alpha$  para que su longitud de onda asociada sea de  $10^{-13}$  m, teniendo en cuenta las relaciones entre las masas y las cargas indicadas en el apartado a).

$$m_p = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(20-R) a) Iluminamos una superficie metálica con un haz de luz, provocando el efecto fotoeléctrico. Explique cómo se modifica la velocidad máxima y el número de fotoelectrones emitidos en las siguientes situaciones: i) Si disminuimos la intensidad de la luz incidente. ii) Si utilizamos luz de frecuencia inferior a la frecuencia umbral del metal.

b) Si sobre un metal incide luz de longitud de onda de  $3 \cdot 10^{-7}$  m, se observa que se emiten electrones cuya velocidad máxima es de  $8,4 \cdot 10^5$  m s<sup>-1</sup>. Determine: i) La energía de los fotones incidentes. ii) El trabajo de extracción del metal iii) El potencial de frenado que habría que aplicar.

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(20-R) a) Dos partículas poseen la misma energía cinética. Sabiendo que la masa de una es 25 veces mayor que la masa de la otra, encuentre la relación entre sus longitudes de onda de De Broglie.

b) Determine la diferencia de potencial necesaria para acelerar un electrón desde el reposo y lograr que tenga asociada la misma longitud de onda de De Broglie que un neutrón de  $8 \cdot 10^{-19}$  J de energía cinética.

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; m_n = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

### **SELECTIVIDAD 2021**

(21-E) a) Un protón y un electrón son acelerados por una misma diferencia de potencial en una cierta región del espacio. Indique de forma razonada, teniendo en cuenta que la masa del protón es mucho mayor que la del electrón, si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: i) “El protón y el electrón poseen la misma longitud de onda de De Broglie asociada”. ii) “Ambos se mueven con la misma velocidad”.

b) Un electrón tiene una longitud de onda de De Broglie de  $2,8 \cdot 10^{-10}$  m. Calcule razonadamente: i) La velocidad con la que se mueve el electrón. ii) La energía cinética que posee.

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

(21-E) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie y escriba su ecuación. Indique las magnitudes físicas involucradas y sus unidades en el Sistema Internacional.

b) Una partícula alfa ( $\alpha$ ) emitida en el decaimiento radiactivo del  $^{238}\text{U}$  posee una energía cinética de  $6,72 \cdot 10^{-13}$  J. i) ¿Cuánto vale su longitud de onda de De Broglie asociada? ii) ¿Qué diferencia de potencial debería existir en una región del espacio para detener por completo la partícula alfa? Indique mediante un esquema la dirección y sentido del campo necesario para ello. Razone todas sus respuestas.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(21-R) a) Un mesón  $\pi$  tiene una masa 275 veces mayor que la de un electrón. i) ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie del mesón y el electrón si ambos se mueven con la misma velocidad? ii) ¿Y si se mueven de modo que poseen la misma energía cinética? Razone sus respuestas.

### *La crisis de la Física Clásica. Introducción a la Física Moderna*

b) Las moléculas de hidrógeno gaseoso ( $H_2$ ), en condiciones estándar, se mueven a una velocidad promedio de  $1846 \text{ m s}^{-1}$ . Resuelva los siguientes apartados razonadamente. i) ¿Cuánto vale la longitud de onda de De Broglie promedio de las moléculas de hidrógeno? ii) ¿A qué velocidad debería moverse un electrón para tener la misma longitud de onda que las moléculas de hidrógeno?

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; m(H_2) = 3,346 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(21-R) a) A partir de la ecuación del efecto fotoeléctrico, razone si es cierta o falsa la siguiente afirmación: “La energía cinética máxima de los electrones emitidos varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente”.

b) Para medir el trabajo de extracción de un metal, A, se hace incidir un haz de luz monocromática sobre dos muestras, una de dicho metal, y otra de un metal, B, cuyo trabajo de extracción es de  $4,14 \text{ eV}$ . Los potenciales de frenado de los electrones producidos son  $9,93 \text{ V}$  y  $8,28 \text{ V}$ , respectivamente. Calcule razonadamente: i) La frecuencia de la luz utilizada. ii) El trabajo de extracción del metal A.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

(21-R) a) Indique, razonando la respuesta, si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: “En el efecto fotoeléctrico, los electrones emitidos por el metal tienen la misma energía que los fotones incidentes”.

b) Al iluminar un electrodo de platino con dos haces de luz monocromáticas de longitudes de onda  $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  y  $1 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ , se observa que la energía cinética máxima de los electrones emitidos es de  $3,52 \text{ eV}$  y  $7,66 \text{ eV}$ , respectivamente. Determine razonadamente:

i) La constante de Planck. ii) La frecuencia umbral del platino.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(21-R) a) Al incidir un haz de luz de cierta frecuencia sobre un metal se produce efecto fotoeléctrico. i) ¿Qué condición cumple la frecuencia de la luz para que se produzca dicho efecto? ii) ¿Qué ocurrirá si se aumenta la intensidad de dicho haz? Razone las respuestas.

b) La máxima longitud de onda con la que se produce el efecto fotoeléctrico en el calcio es de  $4,62 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ . Calcule: i) La frecuencia umbral del calcio. ii) Su trabajo de extracción. iii) La energía cinética máxima de los electrones emitidos cuando se ilumina una lámina de calcio con luz ultravioleta de  $2,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

### **SELECTIVIDAD 2022**

(22-E) a) En el efecto fotoeléctrico, la luz incidente sobre una superficie metálica provoca la emisión de electrones de la superficie. Discuta la veracidad de las siguientes afirmaciones: i) Se desprenden electrones sólo si la longitud de onda de la radiación incidente es superior a un valor mínimo; ii) La energía cinética máxima de los electrones es independiente del tipo de metal; iii) La energía cinética máxima de los electrones es independiente de la intensidad de la luz incidente.

b) Los electrones emitidos por una superficie metálica tienen una energía cinética máxima de  $4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  para una radiación incidente de  $3,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  de longitud de onda. Calcule: i) el trabajo de extracción de un electrón individual y de un mol de electrones, en Julios; ii) la diferencia de potencial mínima requerida para frenar los electrones emitidos.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(22-E) a) Dos partículas distintas 1 y 2 tienen la misma longitud de onda de De Broglie. Si  $m_1 = 2 m_2$ , calcule razonadamente: i) la relación entre sus velocidades y ii) la relación entre sus energías cinéticas.

b) Un coche de 2000 kg de masa y un átomo de helio ( ${}^4_2\text{He}$ ) se mueven a  $20 \text{ m s}^{-1}$ . i) Calcule la longitud de onda de De Broglie del coche y del átomo de helio. ii) Si un instrumento de laboratorio sólo puede medir longitudes de onda mayores a  $5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ , comente razonadamente si es posible medir la longitud de la onda de De Broglie del coche y del átomo de helio.

$$m({}^4_2\text{He}) = 4,002603 \text{ u}; 1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

(22-R) a) Se tienen dos partículas 1 y 2 con la misma energía cinética. Se sabe, además, que la masa de la partícula 2 es igual a 1836 veces la masa de la partícula 1. Indique cuál de las dos partículas tiene una mayor longitud de onda de De Broglie asociada y explique por qué.

b) Calcule en los dos casos siguientes la diferencia de potencial con que debe ser acelerado un protón que parte del reposo para que i) el momento lineal del protón sea  $10^{-21} \text{ kg m s}^{-1}$ ; ii) la longitud de onda de De Broglie asociada al protón sea  $5 \cdot 10^{-13} \text{ m}$ .

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

(22-R) a) En un experimento sobre el efecto fotoeléctrico se investigan diferentes superficies metálicas. Se dibuja, para cada metal, una gráfica de la máxima energía cinética de los fotoelectrones frente a la frecuencia de la luz incidente. Determine, razonando la respuesta, qué afirmación es correcta: i) Todas las gráficas tienen el mismo punto de corte con el eje de frecuencia. ii) Todas las gráficas tienen la misma pendiente.

b) Un metal se ilumina con radiación de una determinada longitud de onda. Sabiendo que el trabajo de extracción es de  $4,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  y la velocidad máxima de los electrones emitidos es de  $8,4 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$ , calcule: i) la longitud de onda de la radiación incidente; ii) la frecuencia umbral.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

(22-R) a) Explique razonadamente si las siguientes afirmaciones sobre el efecto fotoeléctrico en una superficie metálica son verdaderas o falsas. i) Toda la energía del fotón incidente pasa al electrón extraído del metal. ii) Sólo se produce efecto fotoeléctrico si la frecuencia de los fotones incidentes es inferior a la frecuencia de corte del metal.

b) Un haz de fotones de frecuencia desconocida incide sobre una superficie de plata, cuyo trabajo de extracción vale  $7,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ , y emite electrones con una velocidad máxima de  $1,3 \cdot 10^6 \text{ m s}^{-1}$ . Calcule razonadamente: i) el potencial de frenado y ii) la frecuencia de los fotones incidentes.

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}; m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

(22-R) a) Considere un electrón y un protón. Para los dos casos siguientes explique razonadamente qué partícula tiene mayor longitud de onda: i) las dos partículas tienen la misma velocidad; ii) las dos partículas tienen la misma cantidad de movimiento o momento lineal.

b) Un fotón tiene una frecuencia de  $4,5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ . Calcule razonadamente: i) la velocidad de un electrón que tiene la misma energía cinética que el fotón; ii) la velocidad de un electrón que tiene la misma longitud de onda que el fotón.

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}; h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$