

Problemas resueltos de «Introducción a la Física moderna»

- 1) Determina la energía de un fotón para: a) ondas de radio de 1.500 kHz; b) luz verde de longitud de onda 500 nm; c) Rayos-X de 0,06 nm. Considera el medio de propagación el vacío. [a) $9,9 \cdot 10^{-28}$ J; b) $3,6 \cdot 10^{-19}$ J; c) $3,3 \cdot 10^{-15}$ J]
- 2) Una estación de radio emite con una longitud de onda de 25 m. Calcula: a) la frecuencia de las ondas electromagnéticas emitidas; b) la energía de los fotones; c) el número de fotones emitidos por segundo si la potencia de la emisora es de 6 kW. [a) $11,99 \cdot 10^6$ Hz; b) $7,95 \cdot 10^{-27}$ J; c) $7,55 \cdot 10^{29}$]
- 3) Un haz de luz de 400 nm incide sobre una placa de Ce, cuyo trabajo de extracción es de 1,8 eV. Calcular: a) energía máxima de los fotoelectrones; b) número de fotones emitidos por segundo y unidad de superficie para un haz de $0,001$ W/m². [a) $2,08 \cdot 10^{-19}$ J; b) $4,8 \cdot 10^{15}$ fotones]
- 4) Una radiación de $1,5 \cdot 10^{-6}$ m incide sobre una superficie metálica y produce la emisión de fotoelectrones con una velocidad de $0,1 \cdot 10^6$ m/s. Calcular: a) trabajo de extracción del metal; b) frecuencia umbral de foto emisión. [a) $1,28 \cdot 10^{-19}$ J; b) $1,9 \cdot 10^{14}$ Hz ó $1,55 \cdot 10^{-6}$ m]
- 5) Calcula la longitud de onda asociada a: a) el electrón acelerado por una diferencia de potencial de 100 V; b) el electrón de energía cinética de 1 eV; c) la bala de 10 g que se mueve a 500 m/s; d) el automóvil de 1000 kg con velocidad de 100 m/s. [a) $1,23 \cdot 10^{-10}$ m; b) $1,23 \cdot 10^{-9}$ m; c) $6,6 \cdot 10^{-39}$ m]
- 6) Calcula la incertidumbre en la posición en los siguientes casos: a) electrón cuya velocidad, de 7.000 km/s, se ha medido con una incertidumbre del 0,003%; b) partícula de 50 g que se desplaza a una velocidad de 300 m/s, medida con la misma incertidumbre que en el caso anterior. [a) $5,51 \cdot 10^{-7}$ m; b) $2,34 \cdot 10^{-31}$ m]
- 7) Una superficie de Ni, cuyo trabajo de extracción es 5,0 eV, se irradia con luz ultravioleta de longitud de onda 200 nm. Calcule: a) la diferencia de potencial que debe aplicarse entre el Ni y un cátodo para detener totalmente los electrones emitidos; b) la energía con que estos alcanzan el ánodo si la diferencia de potencial aplicada se reduce a 1/4 del valor anterior. [a) 3,10 V; b) $6,9 \cdot 10^{-20}$ J]
- 8) Al iluminar una superficie metálica con una longitud de onda 200 nm, el potencial de frenado de los fotoelectrones es de 2 V, mientras que si la longitud de onda es 240 nm, el potencial de frenado se reduce a 1 V. Obtenga: a) el trabajo de extracción del metal; b) el valor que resulta para la constante de Planck, h, a partir de esta experiencia. Datos: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹. [a) $W_{\text{extracción}} = 4$ eV; b) $h = 6,64 \cdot 10^{-34}$ J·s]
- 9) Calcula la función trabajo del sodio a partir de los datos siguientes: $f_0 = 4,3 \cdot 10^{14}$ Hz; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s. [$2,9 \cdot 10^{-19}$ J = 1,8 eV]
- 10) En un experimento fotoeléctrico en el que se utiliza una superficie de sodio, al iluminar la superficie metálica con una longitud de onda $\lambda_1 = 300$ nm y el potencial de frenado de los fotoelectrones es de 1,85 V, mientras que si la longitud de onda es 400 nm, el potencial de frenado es de 0,820 V. A partir de estos datos calcula: a) el valor que resulta para la constante de Planck h; b) el trabajo de extracción del metal sodio; c) la longitud de onda para el sodio. [a) $6,59 \cdot 10^{-34}$ J·s; b) 2,27 eV; c) 544 nm]
- 11) El potencial de frenado para los fotoelectrones emitidos desde una superficie iluminada por luz de longitud de onda 491 nm es de 0,710 V. Cuando la luz incidente se cambia a un nuevo valor el potencial de frenado es de 1,43 V. a) ¿Cuál es la nueva longitud de onda?. b) ¿Cuál es la función trabajo de esa superficie?. [a) 382 nm; b) 1,82 eV]

- 12)** Un satélite en órbita alrededor de la Tierra se puede cargar, en parte, debido a la pérdida de electrones causada por el efecto fotoeléctrico inducido por la luz del Sol sobre la superficie externa. Supongamos que el satélite está recubierto con platino, que es un metal que tiene un trabajo de extracción muy alto: 5,32 eV. Determina la mayor longitud de onda de los fotones que pueden arrancar fotoelectrones del platino. [233 nm]
- 13)** La función trabajo del wolframio es de 4,50 eV. Calcula la velocidad de los fotoelectrones más rápidos emitidos cuando fotones de energía 5,80 eV inciden sobre una lámina de wolframio. [676 km/s]
- 14)** Un electrón de energía cinética 12 eV se puede demostrar que tiene una velocidad de $2,06 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Si consideramos que podemos medir su velocidad con una precisión del 1,50%. Determina la incertidumbre con la que simultáneamente podemos medir la posición del electrón. Dato: $\hbar = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ [3,77 nm que es unas 71 veces en $r_B = 52,9 \text{ pm}$]
- 15)** La longitud de onda umbral de una célula fotoeléctrica de sodio es $5,83 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. Calcule: a) la diferencia de potencial con la que debe acelerarse un electrón para que su energía cinética sea igual al trabajo de extracción del sodio; b) la longitud de onda asociada a dicho electrón, tras ser acelerado. Datos: $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. [a) 2,13 V; b) 0,841 nm]
- 16)** Al iluminar una superficie de wolframio con luz monocromática ultravioleta de longitud de onda $1,88 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, se obtienen fotoelectrones con energía cinética máxima E_m . Si se ilumina la misma superficie con luz de longitud de onda $1,77 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, la energía cinética máxima de los fotoelectrones es el triple de la anterior. Si conoces c y h calcula: a) la energía cinética máxima de los fotoelectrones en las dos situaciones anteriores; b) el trabajo de extracción del wolframio. [a) $3,21 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2 \text{ eV}$ y 6 eV ; b) $7,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4,6 \text{ eV}$]
- 17)** Al absorber un fotón se produce en un átomo de transición electrónica entre dos niveles separados por una energía $12 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. a) Explique, energéticamente, el proceso de absorción del fotón por el átomo, ¿volverá espontáneamente el átomo a su estado inicial?. b) Si el mismo fotón incidiera en la superficie de un metal cuyo trabajo de extracción es de 3 eV, ¿se producirá emisión fotoeléctrica?. Datos: h y m_e .
- 18)** Un electrón se acelera desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 1000 V. Calcule: a) la energía cinética, la cantidad de movimiento y la longitud de onda de De Broglie del electrón acelerado; b) la frecuencia mínima de la radiación que debería incidir sobre un metal con trabajo de extracción de 3 eV, para obtener fotoelectrones de la misma energía cinética que los del apartado a).
- 19)** 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.
- 20)** 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 fotoelectrónica 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.
- 21)** Un haz de luz de longitud de onda 546 nm incide en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio, cuyo trabajo de extracción es de 2 eV: a) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos. b) ¿Qué ocurriría si la longitud de onda de la radiación incidente en la célula fotoeléctrica fuera doble de la anterior?. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

- 22)** 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. a) Determine el trabajo de extracción del metal. b) Explique qué ocurriría si la frecuencia de la luz incidente fuera: i) $2f$; ii) $f/2$. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
- 23)** Al incidir luz de longitud de onda $\lambda = 620$ nm sobre una fotocélula se emiten electrones con una energía cinética máxima de 0,14 eV. a) Calcule el trabajo de extracción y la frecuencia umbral de la fotocélula. b) ¿Qué diferencia cabría esperar en los resultados del apartado a) si la longitud de onda incidente fuera doble?. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
- 24)** 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”.
- 25)** 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.
- 26)** Un haz de luz de longitud de onda 477 nm incide sobre una célula fotoeléctrica de cátodo de potasio, cuya frecuencia umbral es $5,5 \cdot 10^{14}$ s⁻¹. a) Explique las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos. b) 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). Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
- 27)** 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.
- 28)** Una lámina metálica comienza a emitir electrones al incidir sobre ella radiación de longitud de onda $5 \cdot 10^{-7}$ m. a) 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. b) Razone, indicando las leyes en que se basa, qué sucedería si la frecuencia de la radiación incidente fuera de $4,5 \cdot 10^{14}$ s⁻¹. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.
- 29)** Al estudiar experimentalmente el efecto fotoeléctrico en un metal se observa que la mínima frecuencia a la que se produce dicho efecto es de $1,03 \cdot 10^{15}$ Hz. a) 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 $1,8 \cdot 10^{15}$ Hz. b) ¿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. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
- 30)** 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 de 5 eV. Los potenciales de frenado son $V_A = 8$ V y $V_B = 12$ V, respectivamente. Calcule: a) La frecuencia de la radiación utilizada. b) El trabajo de extracción de A. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.
- 31)** 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 de 2 eV: a) Explique las transformaciones energéticas en el

proceso de fotoemisión. b) 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?. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

32) Si iluminamos la superficie de un cierto metal con un haz de luz ultravioleta de frecuencia $2,1 \cdot 10^{15}$ Hz, los fotoelectrones emitidos tienen una energía cinética máxima de 2,5 eV. a) Explique por qué la existencia de una frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico va en contra de la teoría ondulatoria de la luz. b) Calcule la función trabajo del metal y su frecuencia umbral. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

33) Al incidir luz de longitud de onda 620 nm sobre la superficie de una fotocélula, se emiten electrones con una energía cinética máxima de 0,14 eV. Determine: a) El trabajo de extracción del metal y la frecuencia umbral. b) Si la fotocélula se iluminara con luz de longitud de onda doble que la anterior, ¿cuál sería la energía cinética máxima de los electrones emitidos?. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

34) Analice las siguientes proposiciones razonando si son verdaderas o falsas: 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.

35) El trabajo de extracción del aluminio es 4,2 eV. Sobre una superficie de aluminio incide radiación electromagnética de longitud de onda 200 nm. Calcule razonadamente: a) La energía cinética de los fotoelectrones emitidos y el potencial de frenado. b) La longitud de onda umbral para el aluminio. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

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

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

38) 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.

39) Cuando se ilumina un metal con un haz de luz monocromática se observa emisión fotoeléctrica. a) Explique, en términos energéticos, dicho proceso. 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.

40) 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?. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ J s; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.

- 41)** Sobre una superficie de sodio metálico inciden simultáneamente dos radiaciones monocromáticas de longitudes de onda $\lambda_1 = 500 \text{ nm}$ y $\lambda_2 = 560 \text{ nm}$. El trabajo de extracción del sodio es $2,3 \text{ eV}$. 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. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.
- 42)** 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.
- 43)** 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 $0,47 \text{ eV}$. 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. b) Razone cuál sería la velocidad de los electrones emitidos si la energía del fotón incidente fuera 2 eV . Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- 44)** 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”.
- 45)** Al incidir un haz de luz de longitud de onda 625 nm sobre una superficie metálica, se emiten electrones con velocidades de hasta $4,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. 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?. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.
- 46)** a) Un haz de electrones se acelera bajo la acción de un campo eléctrico hasta una velocidad de $6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. 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. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.
- 47)** Al iluminar potasio con luz amarilla de sodio de $\lambda = 589 \text{ nm}$ se liberan electrones con una energía cinética máxima de $0,577 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ 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. Datos: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.
- 48)** Una lámina metálica comienza a emitir electrones al incidir sobre ella luz de longitud de onda menor que 500 nm . 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 200 nm . b) Razone qué sucedería si la frecuencia de la radiación incidente fuera de $5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.
- 49)** Iluminamos con luz de longitud de onda $\lambda = 300 \text{ nm}$ 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. Datos: $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

