

TEMA 8. LA LUZ Y LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

● Efecto fotoeléctrico

- Al iluminar un metal con luz de frecuencia $2,5 \cdot 10^{15}$ Hz se observa que emite electrones que pueden detenerse al aplicar un potencial de frenado de 7,2 V. Si la luz que se emplea con el mismo fin es de longitud de onda en el vacío $1,78 \cdot 10^{-7}$ m, dicho potencial pasa a ser de 3,8 V. Determina:
 - El valor de la constante de Planck.
 - El trabajo de extracción del metal.Datos: $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹. (A.B.A.U. extr. 22)
Rta.: a) $h = 6,7 \cdot 10^{-34}$ J·s; b) $W_e = 5 \cdot 10^{-19}$ J.
 - En una célula fotoeléctrica, el cátodo se ilumina con una radiación de longitud de onda $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$ m.
 - Estudia si la radiación produce efecto fotoeléctrico, considerando que el trabajo de extracción corresponde a una frecuencia de $7,0 \cdot 10^{14}$ Hz.
 - Calcula la velocidad máxima de los electrones arrancados y la diferencia de potencial que hay que aplicar entre ánodo y cátodo para que se anule la corriente fotoeléctrica.DATOS: $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s. (A.B.A.U. ord. 22)
Rta.: b) $v = 6,6 \cdot 10^5$ m/s; $V = 1,24$ V.
 - Se ilumina un metal con luz monocromática de una cierta longitud de onda. Si el trabajo de extracción es de $4,8 \cdot 10^{-19}$ J y el potencial de frenado es de 2,0 V, calcula:
 - La velocidad máxima de los electrones emitidos.
 - La longitud de onda de la radiación incidente.
 - Representa gráficamente la energía cinética máxima de los electrones emitidos en función de la frecuencia de la luz incidente.DATOS: $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹. (A.B.A.U. extr. 19)
Rta.: a) $v = 8,4 \cdot 10^5$ m/s; b) $\lambda = 250$ nm
 - Una radiación monocromática que tiene una longitud de onda de 600 nm penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuyo trabajo de extracción es $3,2 \cdot 10^{-19}$ J. Calcula:
 - La longitud de onda umbral para el cesio.
 - La energía cinética máxima de los electrones emitidos.
 - El potencial de frenado.DATOS: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹; $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m (A.B.A.U. ord. 18)
Rta.: a) $\lambda_0 = 621$ nm; b) $E_c = 1,1 \cdot 10^{-20}$ J; c) $V = 0,069$ V
 - El trabajo de extracción del cátodo metálico en una célula fotoeléctrica es 3,32 eV. Sobre él incide radiación de longitud de onda $\lambda = 325$ nm. Calcula:
 - La velocidad máxima con la que son emitidos los electrones.
 - El potencial de frenado.Datos: constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m, $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19}$ J, $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg (P.A.U. jun. 05)
Rta.: a) $v = 4,2 \cdot 10^5$ m/s; b) $V = 0,51$ V
 - La longitud de onda máxima capaz de producir efecto fotoeléctrico en un metal, es 4500 Å:
 - Calcula el trabajo de extracción.
 - Calcula el potencial de frenado si la luz incidente es de $\lambda = 4000$ Å.
 - ¿Habría efecto fotoeléctrico con luz de $5 \cdot 10^{14}$ Hz?Datos: $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $1 \text{ Å} = 10^{-10}$ m; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s (P.A.U. jun. 10)
Rta.: a) $W_0 = 4,4 \cdot 10^{-19}$ J; b) $V = 0,34$ V
-
- Un rayo de luz produce efecto fotoeléctrico en un metal. Calcula:
 - La velocidad de los electrones si el potencial de frenado es de 0,5 V.
 - La longitud de onda necesaria si la frecuencia umbral es $f_0 = 10^{15}$ Hz y el potencial de frenado es 1 V.
 - ¿Aumenta la velocidad de los electrones incrementando la intensidad de la luz incidente?Datos: $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹; $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s (P.A.U. jun. 11)
Rta.: a) $v = 4,2 \cdot 10^5$ m/s; b) $\lambda = 242$ nm
 - El trabajo de extracción para el sodio es de 2,50 eV. Calcula:
 - La longitud de onda de la radiación que debemos usar para que la velocidad máxima de los electrones emitidos sea de $1,00 \cdot 10^7$ m·s⁻¹.
 - El potencial de frenado.
 - La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos por el metal con velocidad máxima.Datos: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹; $|q(e)| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ m; $m(e) = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg. (A.B.A.U. sep. 18)

9. La frecuencia umbral del wolframio es $1,30 \cdot 10^{15}$ Hz.
- Justifica que, si se ilumina su superficie con luz de longitud de onda $1,50 \cdot 10^{-7}$ m, se emiten electrones.
 - Calcula la longitud de onda incidente para que la velocidad de los electrones emitidos sea de $4,50 \cdot 10^5$ m·s⁻¹.
 - ¿Cuál es la longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos con la velocidad de $4,50 \cdot 10^5$ m·s⁻¹?
- Datos: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s⁻¹; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg (P.A.U. sep. 15)
- Rta.: a) Si; b) $\lambda_2 = 208$ nm; c) $\lambda_3 = 1,62$ nm

CUESTIONES

- Un fotón de luz visible con longitud de onda de 500 nm tiene un momento lineal de:
 - 0
 - $3,31 \times 10^{-25}$ kg·m·s⁻¹
 - $1,33 \times 10^{-27}$ kg·m·s⁻¹
 DATO: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s (A.B.A.U. ord. 21)
- La luz generada por el Sol:
 - Está formada por ondas electromagnéticas de diferente longitud de onda.
 - Son ondas que se propagan en el vacío a diferentes velocidades.
 - Son fotones de la misma energía.
 (P.A.U. sep. 04)

3

- La teoría ondulatoria de Huygens sobre la naturaleza de la luz está confirmada por los fenómenos:
 - Reflexión y formación de sombras.
 - Refracción e interferencias.
 - Efecto fotoeléctrico y efecto Compton.
 (A.B.A.U. extr. 23)

- De la hipótesis de De Broglie, dualidad onda-corpúsculo, se deriva como consecuencia:
 - Que las partículas en movimiento pueden mostrar comportamiento ondulatorio.
 - Que la energía total de una partícula es $E = m \cdot c^2$.
 - Que se puede medir simultáneamente y con precisión ilimitada la posición y el momento de una partícula.
 (P.A.U. jun. 08)

5

- En una onda de luz:
- Los campos eléctrico \vec{E} y magnético \vec{B} vibran en planos paralelos.
 - Los campos \vec{E} y \vec{B} vibran en planos perpendiculares entre sí.
 - La dirección de propagación es la de vibración del campo eléctrico.
- (Dibuja la onda de luz). (P.A.U. jun. 14)

6

- La longitud de onda asociada a un electrón de 100 eV de energía cinética es:
- $2,3 \cdot 10^{-5}$ m
 - $1,2 \cdot 10^{-10}$ m
 - 10^{-7} m
- Datos: $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C

7

Una radiación monocromática, de longitud de onda 300 nm, incide sobre cesio. Si la longitud de onda umbral del cesio es 622 nm, el potencial de frenado es:

- A) 12,5 V
- B) 2,15 V
- C) 125 V

Datos: $1 \text{ nm} = 10^9 \text{ m}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (P.A.U. sep. 13)

B

Cuando se dispersan rayos X en grafito, se observa que emergen fotones de menor energía que la incidente y electrones de alta velocidad. Este fenómeno puede explicarse por una colisión :

- A) Totalmente inelástica entre un fotón y un átomo.
- B) Elástica entre un fotón y un electrón.
- C) Elástica entre dos fotones.

(P.A.U. sep. 05)

9

La hipótesis de De Broglie se refiere a que:

- A) Al medir con precisión la posición de una partícula atómica se altera su energía.
- B) Todas las partículas en movimiento llevan asociada una onda.
- C) La velocidad de la luz es independiente del movimiento de la fuente emisora de luz.

(A.B.A.U. ord. 17)

10. Según la hipótesis de De Broglie, se cumple que:

- A) Un protón y un electrón con la misma velocidad tienen asociada la misma onda.
- B) Dos protones a diferente velocidad tienen asociada la misma onda.
- C) La longitud de la onda asociada a un protón es inversamente proporcional a su momento lineal.

(P.A.U. sep. 12)

11

La relación entre la velocidad de una partícula y la longitud de onda asociada se establece:

- A) Con la ecuación de De Broglie.
- B) Por medio del principio de Heisenberg.
- C) A través de la relación de Einstein masa-energía.

(P.A.U. jun. 05)

12

Tres colores de la luz visible, el azul, el amarillo y el rojo, coinciden en que:

- A) Poseen la misma energía.
- B) Poseen la misma longitud de onda.
- C) Se propagan en el vacío con la misma velocidad.

(P.A.U. jun. 04)

13

La luz visible abarca un rango de frecuencias que van desde (aproximadamente) $4,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ (rojo) hasta $7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ (ultravioleta). ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

- A) La luz roja tiene menor longitud de onda que la ultravioleta.
- B) La ultravioleta es la más energética del espectro visible.
- C) Ambas aumentan la longitud de onda en un medio con mayor índice de refracción que el aire.

● Efecto fotoeléctrico.

1. Un determinado haz de luz provoca efecto fotoeléctrico en un determinado metal. Si aumentamos la intensidad del haz incidencia:
- A) Aumenta el número de fotoelectrones arrancados, así como su energía cinética.
 - B) Aumenta el número de fotoelectrones arrancados sin modificarse su energía cinética.
 - C) El número de fotoelectrones arrancados no varía, pero su energía cinética aumenta.

(A.B.A.U. ord. 19)

2. Para producir efecto fotoeléctrico no se usa luz visible, sino ultravioleta, y es porque la luz UV:
- A) Calienta más la superficie metálica.
 - B) Tiene mayor frecuencia.
 - C) Tiene mayor longitud de onda.

(P.A.U. sep. 09)

3. Para el efecto fotoeléctrico, razona cuál de las siguientes afirmaciones es correcta:
- A) La frecuencia umbral depende del número de fotones que llegan a un metal en cada segundo.
 - B) La energía cinética máxima del electrón emitido por un metal no depende de la frecuencia de la radiación incidente.
 - C) El potencia de frenado depende de la frecuencia de la radiación incidente.

(P.A.U. sep. 16)

4. Se produce efecto fotoeléctrico, cuando fotones más energéticos que los visibles, como por ejemplo luz ultravioleta, inciden sobre la superficie limpia de un metal. ¿De qué depende el que haya o no emisión de electrones?:
- A) De la intensidad de la luz.
 - B) De la frecuencia de la luz y de la naturaleza del metal.
 - C) Solo del tipo de metal.

(P.A.U. sep. 08)

5. Con un rayo de luz de longitud de onda λ no se produce efecto fotoeléctrico en un metal. Para conseguirlo se debe aumentar:
- A) La longitud de onda λ .
 - B) La frecuencia f .
 - C) El potencial de frenado.

(P.A.U. jun. 11)

6. En el efecto fotoeléctrico, la representación gráfica de la energía cinética máxima de los electrones emitidos en función de la frecuencia de la luz incidente es:
- A) Una parábola.
 - B) Una línea recta.
 - C) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

(P.A.U. jun. 16)

7. Un metal cuyo trabajo de extracción es 4,25 eV, se ilumina con fotones de 5,5 eV. ¿Cuál es la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos?
- A) 5,5 eV
 - B) 1,25 eV
 - C) 9,75 eV

(P.A.U. sep. 07)

8. En una célula fotoeléctrica, el cátodo metálico se ilumina con una radiación de $\lambda = 175$ nm y el potencial de frenado es de 1 V. Cuando usamos una luz de 250 nm, el potencial de frenado será:
- A) Menor.
 - B) Mayor.
 - C) Igual.

(A.B.A.U. ord. 20, P.A.U. jun. 15)

- 9 El efecto fotoeléctrico se produce si:
A) La intensidad de la radiación incidente es muy grande.
B) La longitud de onda de la radiación es grande.
C) La frecuencia de la radiación es superior a la frecuencia umbral.
(A.B.A.U. sep. 17)
- 10 Al irradiar un metal con luz roja (682 nm) se produce efecto fotoeléctrico. Si irradiamos el mismo metal con luz amarilla (570 nm):
A) No se produce efecto fotoeléctrico.
B) Los electrones emitidos se mueven más rápidamente.
C) Se emiten más electrones pero a la misma velocidad.
(P.A.U. jun. 14)
- 11 Si se duplica la frecuencia de la radiación que incide sobre un metal:
A) Se duplica la energía cinética de los electrones extraídos.
B) La energía cinética de los electrones extraídos no experimenta modificación.
C) No es cierta ninguna de las opciones anteriores.
(P.A.U. sep. 14)
- 12 Se produce efecto fotoeléctrico cuando fotones de frecuencia f , superior a una frecuencia umbral f_0 , inciden sobre ciertos metales. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
A) Se emiten fotones de menor frecuencia.
B) Se emiten electrones.
C) Hay un cierto retraso temporal entre el instante de la iluminación y el de la emisión de partículas.
(P.A.U. jun. 13)
- 13 Al irradiar un metal con luz roja (682 nm) se produce efecto fotoeléctrico. Si irradiamos el mismo metal con luz amarilla (570 nm):
A) No se produce efecto fotoeléctrico.
B) Los electrones emitidos son más rápidos.
C) Se emiten más electrones, pero a la misma velocidad.
(A.B.A.U. ord. 23)

14.- Responda indicando y justificando la opción correcta. (2 puntos) 3.1. Se ilumina el cátodo de una célula fotoeléctrica con una radiación de frecuencia $1,6 \times 10^{15}$ Hz y el potencial de frenado es de 2 V. Si usamos una luz de 187,5 nm, el potencial de frenado será: A) menor; B) mayor; C) igual.

DATO: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

(A.B.A.U. ord. 24)

♦ LABORATORIO

● Efecto fotoeléctrico..

1. En un experimento para medir h , al iluminar una superficie metálica con una radiación de longitud de onda $\lambda = 200 \times 10^{-9} \text{ m}$, el potencial de frenado para los electrones es de 1,00 V. Si $\lambda = 175 \times 10^{-9} \text{ m}$, el potencial de frenado es de 1,86 V.

a) Determina el trabajo de extracción del metal.

b) Representa el valor absoluto del potencial de frenado frente a la frecuencia y obtén de dicha representación el valor de la constante de Planck.

DATOS: $|q_e| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

(A.B.A.U. extr. 21)

Rta.: a) $W_e = 8,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; b) $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

2. En una experiencia para calcular el trabajo de extracción de un metal observamos que los fotoelectrones expulsados de su superficie por una luz de $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ de longitud de onda en el vacío son frenados por una diferencia de potencial de 0,80 V. Y si la longitud de onda es de $3 \times 10^{-7} \text{ m}$ el potencial de frenado es 1,84 V.

a) Represente gráficamente la frecuencia frente al potencial de frenado.

b) Determine el trabajo de extracción a partir de la gráfica.

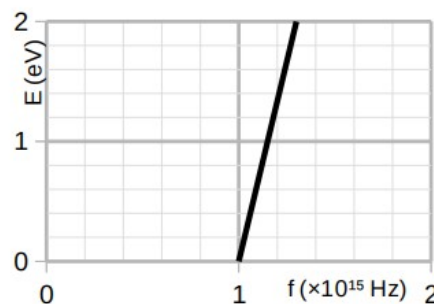
DATOS: $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $|q_e| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

(A.B.A.U. extr. 20)

Rta.: $W_e = 2,3 \text{ eV}$

3. Se puede medir experimentalmente la energía cinética máxima de los electrones emitidos al hacer incidir luz de distintas frecuencias sobre una superficie metálica. Determina el valor de la constante de Planck a partir de los resultados que se muestran en la gráfica adjunta. DATO: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

(A.B.A.U. sep. 18)



- 4.- 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) Determina la función trabajo del metal y la frecuencia umbral de emisión fotoeléctrica. b) Representa la gráfica energía cinética-frecuencia y determina el valor de la constante de Planck a partir de dicha gráfica.

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

(A.B.A.U. extr. 23)

Rta.: a) $W_e = 5,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $f_0 = 7,6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

5

PREGUNTA 4. Práctica de Física del siglo XX.. (2 puntos)

En un experimento sobre el efecto fotoeléctrico en un metal se observó la correlación entre el potencial de frenado, $V(\text{frenado})$, y la frecuencia, f , de la radiación empleada que muestra la tabla. a) Represente gráficamente la frecuencia f en unidades de 10^{14} Hz (eje Y) frente a $V(\text{frenado})$ en V (eje X) y razone si debe esperarse una ordenada en el origen positiva o negativa. b) Deduzca el valor de la constante de Planck a partir de la gráfica. DATO: $|q_e| = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

$V(\text{frenado}) (\text{V})$	$f (10^{14} \text{ Hz})$
0,154	4,000
0,568	5,000
0,982	6,000
1,395	7,000
1,809	8,000

(A.B.A.U. extr. 24)