



**Problemas de "Física moderna. Cuántica"**  
**2º de bachillerato. Física**



1. Un protón que parte del reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 10 V. determine:
  - a) La energía que adquiere el protón expresada en eV y su velocidad en m/s.
  - b) La longitud de onda de Broglie asociada al protón moviéndose con la velocidad anterior.
 Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s  
 Masa del protón:  $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$  kg  
 Carga del protón:  $q_p=1,6 \cdot 10^{-19}$  C  
 Solución: 10 eV,  $4,38 \cdot 10^4$  m/s;  $9,06 \cdot 10^{-12}$  m/s.
  
2. Calcule en los dos casos siguientes la diferencia de potencial con que debe ser acelerado un protón que parte del reposo para que después de atravesar dicho potencial:
  - a) El momento lineal del protón sea  $10^{-21}$  kg.m.s<sup>-1</sup>
  - b) La longitud de onda de De Broglie asociada al protón sea  $5 \cdot 10^{-13}$  m.
 Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s  
 Masa del protón:  $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$  kg  
 Carga del protón:  $q_p=1,6 \cdot 10^{-19}$  C  
 Solución: 1871 V; 3290 V
  
3. Un protón que se mueve con una velocidad constante en el sentido positivo del eje X penetra en una región del espacio donde hay un campo eléctrico  $E= 4 \cdot 10^5$  k N/C y un campo magnético  $B= -2j$  T, siendo k y j los vectores unitarios en las direcciones de los ejes Z e Y, respectivamente.
  - a) Determine la velocidad que debe llevar el protón para que atraviese dicha región sin ser desviado.
  - b) En las condiciones del apartado anterior, calcule la longitud de onda de De Broglie del protón.
 Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s  
 Masa del protón:  $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$  kg.  
 Solución:  $2 \cdot 10^5$  i m/s;  $1,99 \cdot 10^{-12}$  m
  
4. Determine la longitud de onda de De Broglie y la energía cinética, expresada en eV, de:
  - a) Un electrón cuya longitud de onda de De Broglie es igual a la longitud de onda en el vacío de un fotón de energía  $10^4$  eV.
  - b) Una piedra de masa 80 g que se mueve con una velocidad de 2 m/s.
 Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s  
 Masa del electrón:  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  kg.  
 Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>  
 Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  C.  
 Solución:  $1,24 \cdot 10^{-10}$  m, 98,17 eV;  $4,14 \cdot 10^{-33}$  m,  $10^{18}$  eV
  
5. El potencial de frenado de los electrones emitidos por la plata cuando se incide sobre ella con luz de longitud de onda de 200 nm es 1,48 V. Deduzca:
  - a) La función de trabajo (o trabajo de extracción) de la plata, expresada en eV;
  - b) La longitud de onda umbral, en nm, para que se produzca el efecto fotoeléctrico.
 Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s  
 Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>  
 Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  C.  
 Solución: 4,73 eV; 262 nm.

6. La longitud de onda umbral de la luz utilizada para la emisión de electrones en un metal por efecto fotoeléctrico es la correspondiente al color amarillo. Explique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:
- Iluminando con la luz amarilla umbral, si duplicamos la intensidad de luz duplicaremos también la energía cinética de los electrones emitidos.
  - Iluminando con luz ultravioleta no observaremos emisión de electrones.
- Solución: falsa; falsa.
7. Dos partículas poseen la misma energía cinética. Determine en los dos casos siguientes:
- La relación entre las longitudes de onda de De Broglie correspondientes a las dos partículas, si la relación entre sus masas es:  $m_1 = 50 m_2$ .
  - La relación que existe entre las velocidades si la relación entre sus longitudes de onda de De Broglie es:  $\lambda_1 = 500 \lambda_2$ .
- Solución: 0,14; 500.
8. Una radiación monocromática de longitud de onda de 600 nm incide sobre un metal cuyo trabajo de extracción es de 2 eV. Determine:
- La longitud de onda umbral para el efecto fotoeléctrico.
  - La energía cinética máxima de los electrones emitidos, expresada en eV.
- Datos: constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$   
 Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$   
 Valor absoluto de la carga del electrón:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .
- Solución: 622 nm; 0,072 eV.
9. Razone si las siguientes afirmaciones son correctas o incorrectas:
- De acuerdo con el Principio de conservación de la energía, los fotoelectrones emitidos por un metal irradiado tienen la misma energía que los fotones que absorben.
  - Si se irradia con luz blanca un metal y se produce efecto fotoeléctrico en todo el rango de frecuencias de dicha luz, los fotoelectrones emitidos con mayor energía cinética son los originados por las componentes espectrales de la región del rojo.
- Solución: falsa; falsa.
10. Se ilumina un metal con luz correspondiente a la región del amarillo, observando que se produce efecto fotoeléctrico. Explique si se modifica o no la energía cinética máxima de los electrones emitidos:
- Si iluminando el metal con la luz amarilla indicada se duplica la intensidad de la luz.
  - Si se ilumina el metal con luz correspondiente a la región del ultravioleta.
- Solución: No se modifica; Sí se modifica aumentando su energía cinética máxima.
11. Un cierto haz luminoso provoca efecto fotoeléctrico en un determinado metal. Explique cómo se modifica el número de fotoelectrones y su energía cinética si: a) aumenta la intensidad del haz luminoso; b) aumenta la frecuencia de la luz incidente; c) disminuye la frecuencia de la luz por debajo de la frecuencia umbral del metal. d) ¿Cómo se define la magnitud trabajo de extracción?
- Solución: aumenta, no varía; no varía, aumenta, no existirá efecto fotoeléctrico; definición.
12. El trabajo de extracción para el sodio es de 2,5 eV. Calcule:
- La longitud de onda de la radiación que debemos usar para que los electrones salgan del metal con una velocidad máxima de  $10^7 \text{ m/s}$
  - La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones que salen del metal con la velocidad de  $10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Datos: constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$   
 Masa del electrón:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .  
 Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .  
 Solución:  $4,33 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ ;  $7,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

- 13.** Un electrón que parte del reposo es acelerado por una diferencia de potencial de 50 V. Calcule:  
 a) El cociente entre los valores de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad alcanzada por el electrón.  
 b) La longitud de onda de De Broglie asociada al electrón después de atravesar dicho potencial.

Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Masa del electrón:  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Solución: 71,6;  $1,74 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .

- 14.** ¿Qué velocidad ha de tener un electrón para que su longitud de onda de De Broglie sea 200 veces la correspondiente a un neutrón de energía cinética 6 eV?

Datos:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $m_n = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ;

Solución:  $3,14 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ .

- 15.** La frecuencia umbral de cierto metal es  $8,8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ . Calcula la velocidad máxima de los electrones emitidos por ese metal, cuando se ilumina con luz, cuya longitud de onda es  $2536 \text{ \AA}$ . ¿Qué energía cinética poseen esos electrones?

Solución:  $6,6 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ ;  $2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

- 16.** Una radiación monocromática, de frecuencia  $7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ , incide sobre una lámina de potasio. La longitud de onda umbral del potasio es 0,55 micras. Calcula: a) la energía mínima precisa para extraer un electrón; b) la energía que adquiere ese electrón.

Solución:  $36 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ;  $1,36 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

- 17.** La energía umbral o trabajo de extracción de cierto metal es 1 eV. Iluminando una superficie de dicho metal se observa que los electrones emitidos poseen una energía cinética de 1,5 eV. ¿Con qué frecuencia de luz fue iluminado?

Solución:  $6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ .

## Ejercicios de exámenes de Selectividad FÍSICA MODERNA:

- 18. Modelo 2001** ¿Cuáles son los tipos de radiaciones más comunes que se producen en una desintegración radiactiva? Explique la naturaleza de cada una de dichas radiaciones.

Solución: teoría radiaciones: alfa, beta y gamma.

- 19. Modelo 2002** a) ¿Cómo se define la actividad de una muestra radiactiva? ¿Cuál es su unidad en el Sistema Internacional?

b) El curio es la unidad de actividad definida como la actividad de una muestra de un gramo de radio. ¿Cuál es la relación entre esa unidad y la del Sistema Internacional?

Datos: la masa atómica del radio es 226 u.

Constante de desintegración del radio:  $\lambda=1,4 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$

Número de Avogadro:  $N_A=6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Solución: Becquerel; 1 Ci (curio)= $3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ .

- 20. Modelo 2007.** Una muestra contiene inicialmente  $10^{20}$  átomos, de los cuales un 20% corresponden a material radiactivo con un periodo de semidesintegración (o semivida) de 13 años. Calcule:

a) La constante de desintegración del material radiactivo.

b) El número de átomos radiactivos iniciales y la actividad inicial de la muestra.

c) El número de átomos radiactivos al cabo de 50 años.

d) La actividad de la muestra al cabo de 50 años.

Solución:  $1,69 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$ ;  $3,38 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ ;  $1,39 \cdot 10^{18}$  átomos;  $2,35 \cdot 10^9 \text{ Bq}$ .

- 21. Modelo 2008.** El deuterio es un isótopo del hidrógeno de masa atómica igual a 2,0136 u. Su núcleo está formado por un protón y un neutrón.

a) Indique el número atómico (Z) y el número másico (A) del deuterio.

b) Calcule el defecto de masa del núcleo de deuterio.

c) Calcule la energía media de enlace (expresada en MeV) por nucleón del deuterio.

d) Si un ion de deuterio es acelerado mediante un campo eléctrico, partiendo del reposo, entre dos puntos con una diferencia de potencial de 2000 V, calcule su longitud de onda de De Broglie asociada.

Datos: Masa del protón:  $m_p=1,0073 \text{ u}$

Masa del neutrón:  $m_n=1,0087 \text{ u}$

Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Unidad de masa atómica:  $u=1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

Constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Solución: Z=1, A=2; 0,0024 u,  $4,008 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$ ; 1,1 MeV/nucleón;  $4,52 \cdot 10^{-13} \text{ m}$ .

- 22. Modelo 2006.** Se ilumina una superficie metálica con luz cuya longitud de onda es de 300 nm, siendo el trabajo de extracción del metal de 2,46 eV. Calcule:

a) La energía cinética máxima de los electrones emitidos por el metal.

b) La longitud de onda umbral para el metal.

Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Solución:  $2,69 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ , 1,68 eV; 505 nm.

- 23. Modelo 2007.** Un electrón de un átomo salta de un nivel de energía de 5 eV a otro inferior de 3 eV, emitiéndose un fotón en el proceso. Calcule la frecuencia y la longitud de onda de la radiación emitida, si ésta se propaga en el agua.

Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Índice de refracción del agua:  $n_{\text{agua}}=1,33$   
 Solución:  $4,83 \cdot 10^{14}$  Hz;  $4,67 \cdot 10^{-7}$  m.

24. Modelo 2008. En un experimento de efecto fotoeléctrico un haz de luz de 500 nm de longitud de onda incide sobre un metal cuya función de trabajo (o trabajo de extracción) es de 2,1 eV. Analice la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

- Los electrones arrancados pueden tener longitudes de onda de De Broglie menores que  $10^{-9}$  m.
- La frecuencia umbral del metal es mayor que  $10^{14}$  Hz.

Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s

Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>

Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

Masa del electrón:  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  kg

Solución: falsa; verdadera.

25. Modelo 2009. Discuta la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

- Un fotón de luz roja tiene mayor longitud de onda que un fotón de luz azul.
- Un fotón de luz amarilla tiene mayor frecuencia que un fotón de luz azul.
- Un fotón de luz verde tiene menor velocidad de propagación en el vacío que un fotón de luz amarilla.
- Un fotón de luz naranja es más energético que un fotón de luz roja.

26. Solución: verdadera; falsa; falsa; verdadera.

27. Modelo 2010. Modelo 2011. La energía mínima necesaria para extraer un electrón del sodio es de 2,3 eV. Explique si se producirá el efecto fotoeléctrico cuando se ilumina una lámina de sodio con las siguientes radiaciones:

a) Luz roja de longitud de onda: 680 nm.

b) Luz azul de longitud de onda: 360 nm.

Datos: constante de Planck:  $h=6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s

Velocidad de la luz en el vacío:  $c=3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>

Valor absoluto de la carga del electrón:  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

Solución: no hay efecto fotoeléctrico; sí hay efecto fotoeléctrico.

#### Ejercicios de exámenes de Selectividad FÍSICA MODERNA: EFECTO FOTOELÉCTRICO

1.– Un haz de luz monocromática de longitud de onda en el vacío 450 nm incide sobre un metal cuya longitud de onda umbral, para el efecto fotoeléctrico, es de 612 nm. Determina:

- la energía de extracción de los electrones del metal
- la energía cinética máxima de los electrones que se arrancan del metal.

Datos: Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup> Constante de Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s

a)  $E = 3,25 \cdot 10^{-19}$  J ;  $E_c = 1,17 \cdot 10^{-19}$  J

2.– Concepto de fotón. Dualidad onda–corpúsculo.

3.– ¿Cuáles de las interacciones fundamentales son de largo alcance y cuáles no?

4.– Una onda luminosa posee una frecuencia de  $4 \cdot 10^{15}$  Hz. Calcula:

- su longitud de onda.
- el momento lineal de un fotón de dicha onda.
- si se produce una corriente fotoeléctrica cuando dicha onda incide sobre un metal con una función de trabajo de 2,3 eV.

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

5.- Interacciones fundamentales.

6.- Una onda luminosa posee una longitud de onda de  $600 \text{ nm}$ . ¿Cuál es su frecuencia?

7.- La función de trabajo del sodio es  $\phi = 2,3 \text{ eV}$ . Si sobre un trozo de sodio incide luz de  $450 \text{ nm}$  de longitud de onda, calcula:

- la energía de los fotones de esa luz.
- la energía cinética máxima de los electrones emitidos.
- Define y calcula la frecuencia umbral para el sodio.
- Determina el módulo del momento lineal (o cantidad de movimiento) de los fotones incidentes.

Datos:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  ;  $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ; masa del neutrón:  $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$   $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

8.- Responde, razonadamente, a las siguientes preguntas:

Considera las longitudes de onda de un electrón y de un protón. ¿Cuál es menor si las partículas tienen

- el mismo módulo de la velocidad?
- la misma energía cinética?
- el mismo momento lineal?
- ¿Cuáles son las diferencias, desde un punto de vista físico, entre los fotones y los electrones?

Datos: Razona todas las respuestas

9.- Responde, razonadamente, a las siguientes preguntas:

- Dualidad onda-corpúsculo: escribe la ecuación de De Broglie y comenta su significado e importancia física.
- Un protón es acelerado mediante un campo eléctrico, partiendo del reposo, entre dos puntos con una diferencia de potencial de  $1.000 \text{ V}$ . Calcula su energía cinética, su momento lineal y su longitud de onda asociada.

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

10.- Un metal tiene una frecuencia umbral de  $4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  para el efecto fotoeléctrico.

- Si el metal se ilumina con una radiación de  $4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  de longitud de onda, ¿cuál será la energía cinética y la velocidad de los electrones emitidos?
- Si el metal se ilumina con otra radiación distinta de forma que los electrones emitidos tengan una energía cinética el doble que en el caso anterior, ¿cuál será la frecuencia de esta radiación?

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  Masa del electrón en reposo:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  Constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  Velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

a)  $E_c = 1,99 \cdot 10^{-19} \text{ J}$   $v = 6,61 \cdot 10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  b)  $\nu' = 1,02 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

11.- A una partícula material se le asocia la llamada longitud de onda de De Broglie.

- ¿Qué magnitudes físicas determinan el valor de la longitud de onda de De Broglie?  
¿Pueden dos partículas distintas con diferente velocidad tener asociada la misma longitud de onda de De Broglie?
- ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie de dos electrones cuyas energías cinéticas vienen dadas por  $2 \text{ eV}$  y  $8 \text{ eV}$ ?

a) como  $\lambda = h/p$ , depende de la masa y de la velocidad ;  $m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$

b) ;  $\lambda_1 = 2 \cdot \lambda_2$

- 12.– Al iluminar la superficie de un cierto metal con un haz de luz ultravioleta de frecuencia  $f = 2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ , la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es de  $2,5 \text{ eV}$ .
- Determina el trabajo de extracción del metal.
  - Explica qué ocurriría si la frecuencia de la luz incidente fuera:
    - $2f$ .
    - $f/2$ .
- Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- 13.– Al incidir luz de longitud de onda  $\lambda = 620 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  sobre una fotocélula se emiten electrones con una energía cinética máxima de  $0,14 \text{ eV}$ .
- Calcula 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?
- Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- 14.– Comenta las siguientes afirmaciones relativas al efecto fotoeléctrico:
- El trabajo de extracción de un metal depende de la frecuencia de la luz incidente.
  - La energía cinética máxima de los electrones emitidos varía linealmente con la frecuencia de la luz incidente.
- 15.– Contesta razonadamente:
- De entre las siguientes opciones, elija la que crea correcta y explica por qué.  
La energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos por un metal depende de:
    - la intensidad de la luz incidente.
    - la frecuencia de la luz incidente.
    - la velocidad de la luz.
  - Razona 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”*.
- 16.– Contesta razonadamente:
- ¿Qué significado tiene la expresión “longitud de onda asociada a una partícula”?
  - Si la energía cinética de una partícula aumenta, ¿aumenta o disminuye su longitud de onda asociada?
- 17.– Contesta razonadamente:
- Enuncia la hipótesis de De Broglie. ¿Depende la longitud de onda asociada a una partícula, que se mueve con una cierta velocidad, de su masa?
  - Comenta el significado físico y las implicaciones de la dualidad onda–corpúsculo.
- 18.– Contesta razonadamente:
- Indica por qué la existencia de una frecuencia umbral para el efecto fotoeléctrico va en contra de la teoría ondulatoria de la luz
  - Si una superficie metálica emite fotoelectrones cuando se ilumina con luz verde, razona si los emitirá cuando sea iluminada con luz azul.

- 19.– El material fotográfico suele contener bromuro de plata, que se impresiona con fotones de energía superior a  $1,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .
- ¿Cuál es la frecuencia y la longitud de onda del fotón que es justamente capaz de activar una molécula de bromuro de plata?
  - La luz visible contiene longitudes de onda entre  $380 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  y  $780 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ . Explica 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  $100 \text{ MHz}$ , a pesar de que su potencia es de  $50 \text{ kW}$ .
- Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- 20.– 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.
- Dibuja y comenta la gráfica que relaciona  $V_c$  con la frecuencia de la luz incidente y escribe la expresión de la ley física correspondiente.
  - ¿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? Indica cómo.
- 21.– Un haz de electrones es acelerado desde el reposo por una diferencia de potencial de  $100 \text{ V}$ .
- Haz un análisis energético del proceso y calcula la longitud de onda de los electrones tras ser acelerados, indicando las leyes físicas en que se basa.
  - Repite el apartado anterior para el caso de protones y calcula la relación entre las longitudes de onda obtenidas en ambos apartados.
- Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- 22.– Un haz de luz de longitud de onda  $546 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  incide en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio, cuyo trabajo de extracción es de  $2 \text{ eV}$ .
- Explica las transformaciones energéticas en el proceso de fotoemisión y calcula la energía cinética máxima de los electrones emitidos.
  - ¿Qué ocurriría si la longitud de onda de la radiación incidente en la célula fotoeléctrica fuera doble de la anterior?
- Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- 23.– Una célula fotoeléctrica tiene el fotocátodo de potasio, cuyo trabajo de extracción es de  $2,22 \text{ eV}$ . Mediante un análisis energético del problema, contesta razonadamente a las siguientes preguntas:
- ¿Se podría utilizar esta célula fotoeléctrica para funcionar con luz visible? (El espectro visible está comprendido entre  $380 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  y  $780 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ )
  - En caso afirmativo, ¿cuánto vale la longitud de onda asociada a los electrones de máxima energía extraídos con luz visible?
- Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- 24.– Enuncia la hipótesis de De Broglie y comenta algún resultado experimental que dé soporte a dicha hipótesis.
- 25.– Explica dos hechos experimentales que pusieron en crisis la validez de la Física Clásica y resalta cómo aborda la solución la Física Moderna.
- 26.– Contesta razonadamente:



- a) ¿El efecto fotoeléctrico contradice la teoría ondulatoria de la luz? Razona la respuesta.  
 b) ¿Qué es un fotón?

27.– Al iluminar un metal con luz de frecuencia  $2,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$  se observa que emite electrones que pueden detenerse al aplicar un potencial de frenado de  $7,2 \text{ V}$ . Si la luz que se emplea con el mismo fin es de longitud de onda en el vacío  $1,78 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ , dicho potencial pasa a ser de  $3,8 \text{ V}$ .

Determina:

- a) el valor de la constante de Planck.  
 b) la función de trabajo (o trabajo de extracción) del metal.

Datos: Datos: Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  Valor ; absoluto de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

28.– Considera las longitudes de onda de de Broglie de un electrón y de un protón. Razona cuál es menor si tienen:

- a) el mismo módulo de la velocidad  
 b) la misma energía cinética.

Supón velocidades no relativistas.

a)  $\lambda_e > \lambda_p$  b) ;  $\lambda_e > \lambda_p$

29.– Contesta:

- a) ¿Qué velocidad ha de tener un electrón para que su longitud de onda de De Broglie sea 200 veces la correspondiente a un neutrón de energía cinética  $6 \text{ eV}$ ?  
 b) ¿Se puede considerar que el electrón a esta velocidad es no relativista?

Datos: Masa del electrón =  $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  Masa del neutrón = ;  $1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  Velocidad de la luz en el vacío =  $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ; Carga del electrón = ;  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

30.– Contesta:

- a) Calcula la longitud de onda asociada a un electrón que se propaga con una velocidad de  $5 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .  
 b) Halla la diferencia de potencial que hay que aplicar a un cañón de electrones para que la longitud de onda asociada a los electrones sea de  $6 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ .

Datos: Constante de Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  Masa del electrón ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  Valor absoluto de la carga del electrón ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

a)  $\lambda = 1,45 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  b) ;  $\Delta V = 417,6 \text{ V}$

31.– Dos partículas no relativistas tienen asociada la misma longitud de onda de De Broglie. Sabiendo que la masa de una de ellas es el triple que la masa de la otra, determina:

- a) la relación entre sus momentos lineales  
 b) la relación entre sus velocidades.

a) son b) la de menor masa va tres veces más rápido iguales ;

32.– El cátodo de una célula fotoeléctrica es iluminado con una radiación electromagnética de longitud de onda  $\lambda$ . La energía de extracción para un electrón del cátodo es  $2,2 \text{ eV}$ , siendo preciso establecer entre el cátodo y el ánodo una tensión de  $0,4 \text{ V}$  para anular la corriente fotoeléctrica. Calcula:

- a) la velocidad máxima de los electrones emitidos  
 b) los valores de la longitud de onda de la radiación empleada  $\lambda$  y la longitud de onda umbral  $\lambda_0$ .

Datos: masa del electrón  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  Valor absoluto ; de la carga del electrón =  $1,6 \cdot 10^{-19}$

C Velocidad de la luz ; en el vacío  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  Constante de Planck ;  $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

- 33.– Enuncia el principio de indeterminación de Heisenberg y comenta su significado físico.
- 34.– Las partículas alfa son núcleos de Helio, de masa cuatro veces la del protón. Consideremos una partícula alfa y un protón que poseen la misma energía cinética, moviéndose ambos a velocidades mucho más pequeñas que la luz. ¿Qué relación existe entre las longitudes de onda de De Broglie correspondientes a las dos partículas?
- 35.– Responde:
- ¿Cuál es la hipótesis cuántica de Planck?
  - Para la explicación del efecto fotoeléctrico, Einstein tuvo en cuenta las ideas cuánticas de Planck. ¿En qué consiste el efecto fotoeléctrico? ¿Qué explicación del mismo efectuó Einstein?

- 36.– Si se ilumina con luz de  $\lambda = 300 \text{ nm}$  la superficie de un material fotoeléctrico, el potencial de frenado vale  $1,2 \text{ V}$ . El potencial de frenado se reduce a  $0,6 \text{ V}$  por oxidación del material.

Determina:

- la variación de la energía cinética máxima de los electrones emitidos
- la variación de la función de trabajo del material y de la frecuencia umbral.

Datos: Valor absoluto de la carga del electrón  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  Velocidad ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  de la luz en el vacío Constante de Planck  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

a)  $-0,6 \text{ eV}$  b) ;  $+0,6 \text{ eV}$  ;  $\nu_0 = 1,45 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

- 37.– Un láser de longitud de onda  $\lambda = 630 \text{ nm}$  tiene una potencia de  $10 \text{ mW}$  y un diámetro de haz de  $1 \text{ mm}$ . Calcula:
- la intensidad del haz
  - el número de fotones por segundo que viajan con el haz.

Datos: Velocidad  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  de la luz en el vacío Cte de Planck ;  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

a)  $I = 7,96 \cdot 10^{22} \text{ eV} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  b)  $N = 3,17 \cdot 10^{16} \text{ fotones} \cdot \text{s}^{-1}$

- 38.– Una radiación de frecuencia  $\nu$  produce efecto fotoeléctrico al incidir sobre una placa de metal.
- ¿Qué condición tiene que cumplir la frecuencia para que produzca efecto fotoeléctrico? Explica qué ocurre:
  - si se aumenta la frecuencia de la radiación.
  - si se aumenta la intensidad de la radiación.

- 39.– Una radiación monocromática que tiene una longitud de onda en el vacío de  $600 \text{ nm}$  y una potencia de  $0,54 \text{ W}$ , penetra en una célula fotoeléctrica de cátodo de cesio cuyo trabajo de extracción es de  $2,0 \text{ eV}$ . Determina:
- el número de fotones por segundo que viajan con la radiación.
  - la longitud de onda umbral del efecto fotoeléctrico para el cesio.
  - la energía cinética de los electrones emitidos.
  - la velocidad con que llegan los electrones al ánodo si se aplica una diferencia de potencial de  $100 \text{ V}$ .

Datos: Velocidad de la luz en el vacío,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  Valor absoluto ; de la carga del electrón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  Masa del ; electrón,  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  Constante de ; Planck,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

40.- ¿Se puede producir el efecto fotoeléctrico cuando incide luz de  $4 \cdot 10^{14}$  Hz sobre un metal con una función de trabajo de  $2,3$  eV?  
Datos:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C

41.- Un cierto haz luminoso provoca efecto fotoeléctrico en un determinado metal. Explica cómo se modifica el número de fotoelectrones y su energía cinética si:

- aumenta intensidad del haz luminoso.
- aumenta la frecuencia de la luz incidente.
- disminuye la frecuencia de la luz por debajo de la frecuencia umbral del metal.
- ¿Cómo se define la magnitud trabajo de extracción?