

# CUESTIONES RESUELTAS DE FÍSICA CUÁNTICA

**2017**

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

Según la hipótesis de Louis de Broglie, cualquier partícula puede comportarse como una onda en determinados experimentos. A toda partícula en movimiento le corresponde una onda asociada. Es decir, supuso que toda la materia tiene un comportamiento dual. Es lo que se llama dualidad onda-partícula. Dicho comportamiento ondulatorio vendrá caracterizado por una longitud de onda, llamada longitud de onda asociada a la partícula que estemos considerando. Esta longitud de onda

es:  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$ . Si toda partícula puede comportarse como una onda, dicho comportamiento

debe ser observable. Por ejemplo, un haz de electrones produce difracción a través de una lámina de níquel, donde la distancia entre átomos es del orden de  $10^{-10}$  m, la longitud de onda correspondiente. Sin embargo, para objetos macroscópicos, la longitud de onda asociada sería del orden de  $10^{-35}$  m; como no existen redes de tamaño tan pequeño, no podemos observar el comportamiento ondulatorio de los objetos macroscópicos.

2) Explique el principio de incertidumbre de Heisenberg y por qué no se tiene en cuenta en el estudio de los fenómenos ordinarios.

El principio de incertidumbre de Heisenberg dice así: “Es imposible medir simultáneamente y con exactitud la posición y la cantidad de movimiento (y por lo tanto, la velocidad) de una

partícula”:  $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ , siendo  $\Delta x$  la incertidumbre en la posición y  $\Delta p$  la incertidumbre en el

momento. Se deduce que si una de las incertidumbres es pequeña (gran exactitud), la otra es grande (mucho error).

El propio hecho de medir modifica ya el sistema que estamos midiendo. Supongamos el siguiente experimento imaginario, llamado microscopio de Böhr: queremos medir a la vez la posición y la velocidad de un electrón. Para poder ver al electrón con un microscopio, al menos tendría que chocar con él un fotón de luz que, al rebotar, llegara hasta el microscopio e impresionaría nuestra retina. Ahora, bien, al chocar con el electrón, el fotón modifica la velocidad del electrón y ya no podemos medir la que tenía antes.

De este principio pueden extraerse dos consecuencias fundamentales:

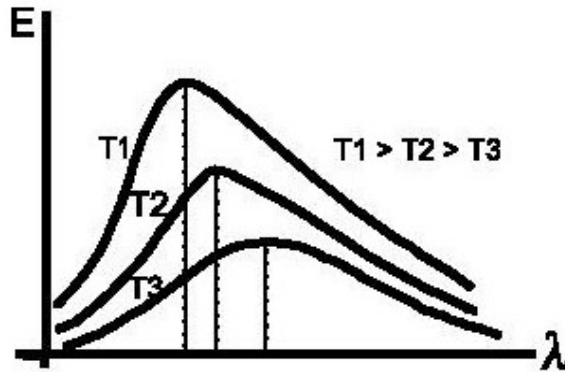
- a) Se limita el conocimiento que podemos tener de la naturaleza.
- b) Ya no podemos hablar de posición y de velocidad exactas de una partícula, únicamente de probabilidad de encontrar a una partícula.

La Física Cuántica es aplicable siempre, en todos los fenómenos, pero su empleo es tremendamente complicado, dado el gran número de partículas que intervienen. Podemos aplicar la Física Clásica en aquellos casos en los que no sea apreciable el carácter ondulatorio de la materia, es decir, cuando la longitud de onda es despreciable en comparación con el tamaño del sistema estudiado. Como consecuencia, la Física Clásica será perfectamente aplicable a situaciones macroscópicas, mientras que la Física Cuántica debe ser forzosamente aplicada en el mundo microscópico.

3) Hipótesis de Planck y su relación con el efecto fotoeléctrico.

La dio Planck para explicar la radiación térmica de los cuerpos calientes:

- a) La energía no se emite de forma continua, sino discreta. Es decir, concentrada en cuantos o paquetes de energía, algo muy similar a lo que ocurriría si se emitieran partículas.
- b) La energía correspondiente a un cuanto depende de la frecuencia de vibración de los átomos del metal y viene dada por la expresión:  $E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ , donde  $h$  es la constante de Planck y  $\nu$  es la frecuencia de la radiación.
- c) La energía emitida no puede tener cualquier valor. Sólo podrá emitirse un número entero de cuantos de energía:  $E_T = n \cdot h \cdot \nu$ . Se dice entonces que la energía está cuantizada.



\* Relación con el efecto fotoeléctrico: Einstein aplicó la hipótesis de Planck para explicar el efecto fotoeléctrico. Supuso que no sólo los intercambios de energía están cuantizados, sino que la propia radiación está constituida por paquetes, llamados fotones, que transportan la energía de manera discreta, concentrada en cuantos de energía. Es decir, supuso un comportamiento corpuscular para la luz, al menos en este fenómeno.

- Energía de un fotón según la expresión de Planck:  $E = h \cdot \nu$

- Cantidad de movimiento según De Broglie:  $p = \frac{E}{c}$

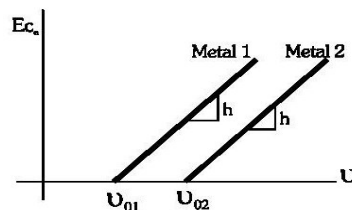
Suponiendo que la luz se comporta como una partícula, al chocar ésta con un electrón, le transmite instantáneamente toda su energía. Evidentemente, esta energía que cede al electrón dependerá de la frecuencia de la radiación. Así, la energía de un fotón se emplea, en primer lugar, en arrancar al electrón del metal. Esta energía depende del metal y se llama trabajo de extracción. También puede definirse como la energía mínima que debe tener el fotón para arrancar un electrón del metal.

$W_{\text{extracción}} = h \cdot \nu_0$ , donde  $\nu_0$  es la frecuencia umbral, característica de cada metal.

La energía sobrante se emplea en darle energía cinética a los electrones emitidos.

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{extracción}} + E_{\text{electrón}} \rightarrow h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + \frac{1}{2} m v^2, \text{ o bien: } E_{c_e} = h \cdot (\nu - \nu_0)$$

La gráfica correspondiente sería:



Las pendientes son la constante de Planck,  $h$ .

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

Repetido.

5) 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?

Repetido.

La longitud de onda de De Broglie es:  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} \rightarrow m = \frac{h}{\lambda \cdot v}$

Como:  $m_n > m_e \rightarrow \frac{h}{\lambda_n \cdot v} > \frac{h}{\lambda_e \cdot v} \rightarrow \frac{1}{\lambda_n} > \frac{1}{\lambda_e} \rightarrow \lambda_e > \lambda_n$

El neutrón tiene una menor longitud de onda a igualdad de velocidades, pues su masa es mayor y la longitud de onda es inversamente proporcional a la masa.

## 2016

6) 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.

Repetido.

7) 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.

a) Einstein aplicó la hipótesis de Planck para explicar el efecto fotoeléctrico. Supuso que no sólo los intercambios de energía están cuantizados, sino que la propia radiación está constituida por paquetes, llamados fotones, que transportan la energía de manera discreta, concentrada en cuantos de energía. Es decir, supuso un comportamiento corpuscular para la luz, al menos en este fenómeno.

- Energía de un fotón según la expresión de Planck:  $E = h \cdot \nu$

- Cantidad de movimiento según De Broglie:  $p = \frac{E}{c}$

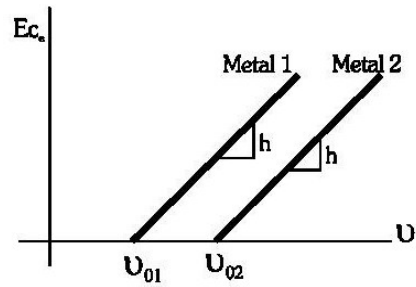
Suponiendo que la luz se comporta como una partícula, al chocar ésta con un electrón, le transmite instantáneamente toda su energía. Evidentemente, esta energía que cede al electrón dependerá de la frecuencia de la radiación. Así, la energía de un fotón se emplea, en primer lugar, en arrancar al electrón del metal. Esta energía depende del metal y se llama trabajo de extracción. También puede definirse como la energía mínima que debe tener el fotón para arrancar un electrón del metal.

$W_{\text{extracción}} = h \cdot \nu_0$ , donde  $\nu_0$  es la frecuencia umbral, característica de cada metal.

La energía sobrante se emplea en darle energía cinética a los electrones emitidos.

$E_{\text{fotón}} = W_{\text{extracción}} + E_{\text{electrón}} \rightarrow h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + \frac{1}{2} m v^2$ , o bien:  $E_{\text{e}} = h \cdot (\nu - \nu_0)$

La gráfica correspondiente sería:



Las pendientes son la constante de Planck,  $h$ .

b) i) Si se aumenta la intensidad del haz luminoso, esto trae como consecuencia un aumento en la cantidad de fotones emitidos y por lo tanto en la cantidad de electrones desprendidos del metal, pero no quiere decir que la energía cinética proporcionada a cada electrón de forma individual sea mayor.

ii)  $h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + \frac{1}{2} m v^2$  : al aumentar la frecuencia de la luz incidente se produce un aumento

en la energía contenida en cada fotón, por lo que le será proporcionada una mayor energía cinética al electrón, lo cual no quiere decir que la cantidad de electrones desprendidos sea mayor.

iii) Si se disminuye la frecuencia por debajo de la frecuencia umbral del metal, no se cumplirán las condiciones necesarias para que se produzca el efecto fotoeléctrico, por lo que la energía sería insuficiente para arrancar el electrón del átomo.

## 2015

8) Explique en qué consiste el efecto fotoeléctrico.

Repetido.

9) 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.

Repetido.

10) 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.

a) Repetido.

b) La longitud de onda de De Broglie viene dada por:  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

\* Para energías cinéticas iguales:  $E_{cp} = E_{ce}$  ;  $v = \sqrt{\frac{2 \cdot Ec}{m}}$  →

$$\rightarrow \lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{h}{m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot Ec}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot Ec}}$$

$h$  es una constante y  $Ec$  es la misma para ambas partículas, luego tendrá mayor longitud de onda la partícula que tenga menor masa, es decir, el electrón.

\* Para velocidades iguales:  $v_e = v_p$  ;  $m_p = \frac{h}{\lambda_p \cdot v_p}$  ;  $m_e = \frac{h}{\lambda_e \cdot v_e}$

$$m_p > m_e \rightarrow \frac{h}{\lambda_p \cdot v_p} > \frac{h}{\lambda_e \cdot v_e} \rightarrow \frac{1}{\lambda_p \cdot v_p} > \frac{1}{\lambda_e \cdot v_e} \rightarrow \lambda_e \cdot v_e > \lambda_p \cdot v_p \rightarrow$$

$\rightarrow \lambda_e > \lambda_p$  : la longitud de onda del electrón es mayor.

11) 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.

a) Repetido.

b) Falso. La ecuación del efecto fotoeléctrico es:

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{extracción}} + E_{\text{electrón}} \rightarrow h \cdot \nu = W_{\text{extracción}} + E_{\text{electrón}}$$

El  $W_{\text{extracción}}$  es la energía mínima necesaria para arrancar electrones a un metal. No depende de la frecuencia de la radiación incidente, sino de la naturaleza del metal.

$$(E_{c_e})_1 = h \cdot \nu_1 - W_{\text{extracción}} ; (E_{c_e})_2 = h \cdot \nu_2 - W_{\text{extracción}} = 3 \cdot h \cdot \nu_1 - W_{\text{extracción}}$$

$$\frac{(E_{c_e})_2}{(E_{c_e})_1} = \frac{3 \cdot h \cdot \nu_1 - W_{\text{extracción}}}{h \cdot \nu_1 - W_{\text{extracción}}} \neq 3$$

## **2014**

12) 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.

Repetido.

## **2013**

13) 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.

a) Según la teoría ondulatoria, los electrones van absorbiendo poco a poco la energía de la onda electromagnética incidente, hasta que tienen suficiente energía para vencer la atracción del núcleo y saltar hasta el ánodo. Esto no es así. En realidad, la energía no se va acumulando. Los electrones son arrancados de los átomos cuando la energía incidente del fotón supera la energía umbral del metal correspondiente.

b) El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por parte de un metal cuando este se ilumina con luz con una frecuencia por debajo de un valor mínimo o umbral. Por encima de ese valor umbral, cualquier radiación tiene suficiente energía para producirlo. La luz azul tiene mayor frecuencia y mayor energía que la verde, luego si la verde provoca el efecto fotoeléctrico en ese metal, la azul también lo hará. Es más, el exceso de energía se traducirá en una mayor energía cinética en los electrones.

$$h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + \frac{1}{2} m v^2$$

14) 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.

Repetido.

## 2012

15) 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.

a) Según la física clásica, los electrones van absorbiendo poco a poco la energía de la onda electromagnética incidente hasta que tienen suficiente energía para vencer la atracción del núcleo y saltar hasta el ánodo. Es decir, se esperaría que:

- La emisión de los electrones no fuera instantánea.
- Dicha emisión debería darse para cualquier frecuencia de la onda incidente.
- La energía cinética de los fotoelectrones debe depender únicamente de la cantidad de radiación, de su intensidad, no de la frecuencia.

Sin embargo, lo que se observa realmente en el experimento es:

- La emisión de los electrones es instantánea.
- Empleando radiación con una frecuencia por debajo de un valor mínimo (frecuencia umbral) no se observa emisión de electrones.
- La frecuencia umbral depende únicamente del tipo de metal que utilizemos.
- La energía cinética de los electrones depende de la frecuencia de la radiación, no de su intensidad.
- La intensidad de corriente (el número de electrones que se extraen por segundo) sí depende de la intensidad de la radiación.

b) La ecuación del efecto fotoeléctrico es:

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{extracción}} + E_{\text{electrón}} \rightarrow h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + \frac{1}{2} m v^2$$

La energía cinética de los electrones depende de la energía de la radiación incidente, la cual, a su vez, depende de la frecuencia de la radiación, no de su intensidad. La luz verde tiene mayor frecuencia y mayor energía que la luz roja, luego la luz verde confiere mayor energía cinética a los electrones.

La intensidad de corriente (el número de electrones que se extraen por segundo) depende de la intensidad de la radiación, no de la frecuencia de la radiación. Luego la radiación roja intensa producirá la salida de un mayor número de electrones por segundo que la verde de débil intensidad. Esto es debido a que que la intensa arranca más electrones que la débil.

16) 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.

Repetido.

## 2011

- 17) 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?  
Repetido.

- 18) 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.  
Repetido.

## 2010

- 19) 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.  
a) Repetido.  
b) La ecuación del efecto fotoeléctrico es:

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{extracción}} + E_{\text{electrón}} \rightarrow h \cdot \nu = W_{\text{extracción}} + \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_{\text{extracción}} + \frac{1}{2} m v^2$$

Si se disminuye la longitud de onda de la radiación incidente, aumenta la energía de esa misma radiación. Esto se traduce en una mayor energía cinética (y por consiguiente velocidad) de los fotoelectrones emitidos y una no variación del trabajo de extracción. El trabajo de extracción no depende de la energía de la radiación incidente, sino que es una característica exclusiva de la naturaleza del metal. Si  $W_{\text{extracción}}$  permanece constante y  $E_{\text{fotón}}$  aumenta, tiene que aumentar la energía cinética de los electrones, por consiguiente:  $E_{\text{electrón}} = E_{\text{fotón}} - W_{\text{extracción}}$ .

## 2009

- 20) a) Explique qué se entiende por frecuencia umbral en el efecto fotoeléctrico.  
b) Razone si al aumentar la intensidad de la luz con que se ilumina el metal aumenta la energía cinética máxima de los electrones emitidos.  
Repetido.

- 21) 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.  
a) Cuando un electrón de un átomo pasa de un estado más energético a otro menos energético, emite energía. Esta radiación se recoge en un soporte y constituye el espectro de emisión o de absorción, que es característico para cada sustancia. Según la teoría clásica, cualquier salto energético era posible, sin ninguna limitación, por lo que los espectros debían de ser continuos. En realidad, esto no es así: los espectros son discontinuos debido a que sólo son posibles ciertas transiciones energéticas, ciertos saltos electrónicos. Estas restricciones las dio Böhr en su modelo atómico, donde dijo que sólo son posibles las trayectorias del electrón en las que su momento angular ( $L = r m v$ ) sea un múltiplo entero de  $\frac{h}{2\pi}$ . b) Repetido.

22) 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.  
Repetido.

### **2008**

23) 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”.

Repetido.

24) 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?

a) Repetido.

b) \* Para igual velocidad: repetido.

\* Para igual momento lineal: la longitud de onda de De Broglie es:  $\lambda = \frac{h}{p}$ , donde h es la constante de Planck. A igualdad de momentos lineales, las longitudes de onda son iguales.

25) 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.

a) Repetido.

b) El estado fundamental de un átomo es su estado de mínima energía. Es aquel en el que sus electrones ocupan los orbitales de menor a mayor energía. Un estado excitado es aquel en el que uno o varios electrones del átomo están ocupando uno o varios orbitales de energía superior a la mínima (regla n + 1 de llenado de orbitales). Un espectro atómico consiste en el conjunto de líneas de las distintas radiaciones electromagnéticas que emite una sustancia cuando sus electrones pasan de un estado excitado al estado fundamental. Los espectros pueden ser de absorción o de emisión. El espectro de emisión se obtiene al calentar la sustancia. En el espectro de absorción, la sustancia no se calienta, sino que se ilumina con radiación adecuada. Los saltos electrónicos que se producen no pueden ser cualesquiera, sino que están determinados por uno de los postulados del modelo atómico de Böhr: sólo son posibles las trayectorias del electrón en las que su momento angular

(  $L = r m v$  ) sea un múltiplo entero de  $\frac{h}{2\pi}$ .

### **2007**

26) 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.

Repetido.



27) 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.

Repetido.

28) 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.

Repetido.

## **2006**

29) 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.

Repetido.

30) 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.

Repetido.

31) 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.

Repetido.

## **2005**

32) 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?

Repetido.

33) 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.

Repetido.

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

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

a) Repetido.

b) No. La longitud de onda de De Broglie es:  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \rightarrow m = \frac{h}{\lambda \cdot v}$

$$m_m = \frac{h}{\lambda_m \cdot v} \quad ; \quad m_e = \frac{h}{\lambda_e \cdot v} \quad \rightarrow \quad \frac{m_m}{m_e} = \frac{\frac{h}{\lambda_m \cdot v}}{\frac{h}{\lambda_e \cdot v}} \quad \rightarrow \quad 275 = \frac{\lambda_e}{\lambda_m}$$

La longitud de onda del electrón sería mayor, 275 veces más grande.

### **Cuestiones de la ponencia de Física**

35) 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.

36) 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.

37) 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.

38) 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.

39) 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.

40) a) Explique brevemente en qué consiste el efecto fotoeléctrico. b) ¿Tienen la misma energía cinética todos los fotoelectrones emitidos?

41) 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.

- 42) 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.
- 43) 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?
- 44) 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. b) Si se triplica la frecuencia de la radiación incidente sobre un metal, se triplicará la energía cinética de los fotoelectrones.
- 45) 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?
- 46) 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".
- 47) 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.
- 48) a) Enuncie la hipótesis de De Broglie e indique de qué depende la longitud de onda asociada a una partícula. ¿Se podría determinar simultáneamente, con exactitud, la posición y la cantidad de movimiento de una partícula? Razone la respuesta.
- 49) 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.
- 50) 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?
- 51) 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".
- 52) 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.

53) 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?

54) 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.

55) 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?

56) 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.

57) 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.

58) 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.

59) 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.

60) 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.

61) 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.

62) 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.

63) 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.

64) 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.

65) 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”.

66) 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?

67) 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.

68) 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.

69) 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.

70) 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.

71) 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.

72) 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.

73) 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.

74) 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?