

Introducción a la física cuántica II

En esta unidad nos adentramos en una “nueva” (cien años largos tiene ya la criatura) manera de interpretar la naturaleza que rompió con lo que denominamos concepción clásica y que se caracterizaba por ser determinista (no entramos a discutir la incertidumbre intrínseca asociados a los fenómenos no lineales y al caos) y por principios básicos como poder asignar a cada partícula una posición y una velocidad simultáneamente o por permitir que un intercambio energético pudiese tener cualquier duración o involucrar cualquier cantidad de energía.

Todo eso se viene abajo al analizar la “radiación del cuerpo negro” con una crisis del pensamiento que llamamos “catástrofe del ultravioleta” que, entre otras cosas, llevaría a la ley formulada por Planck sobre la cuantización de la energía y al principio de incertidumbre formulado por Heisenberg, hitos de la ciencia y de la comprensión del mundo.

Los epígrafes de trabajo que dan continuidad a los estudiados en la primera entrada, son:

2ª semana

Antes de que finalice la semana, cada alumno deberá hacer llegar al profesor las actividades de los epígrafes. Antes de finalizar la unidad, los alumnos deberán presentar un trabajo de ampliación sobre “El efecto fotoeléctrico”. Si algún alumno prefiere realizar otro trabajo, debe ponerse en contacto con el profesor.

Espectros atómicos, modelo de Bohr, emisión estimulada y láser

Los espectros de emisión y absorción de los átomos son una especie de DNI de cada elemento químico que, entre otras cosas, permite identificarlos, de ahí la importancia que tiene entender a fondo estos conceptos. El modelo atómico de Bohr fue el primero que introdujo conceptos de física cuántica y significó un éxito en la descripción del átomo de hidrógeno, sentando las bases de los modelos que vendrían después, que fueron básicamente correcciones a éste., hasta la llegada de la Mecánica cuántica que supuso una nueva manera de entender el átomo y la naturaleza.

Las transiciones electrónicas son los saltos que los electrones llevan a cabo desde unos niveles energéticos hasta otros en la corteza atómica y siempre llevan asociada la emisión o la absorción por parte de los electrones de radiación electromagnética, de fotones. Es posible inducir a los electrones a emitir radiación de esta forma, lo cual tiene importantes aplicaciones, como la iluminación eléctrica o el láser.

Ejm.-

17 Calcula la energía y el radio de la órbita del electrón en el átomo de hidrógeno para $n = 2$ y $n = 3$.

Los valores posibles para el radio del electrón en el átomo de hidrógeno son:

$$r_n = n^2 \cdot a_0 = n^2 \cdot 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m} ; n = 1, 2, 3, \dots$$

Por tanto, para $n = 2$ y $n = 3$, tenemos, respectivamente:

$$r_2 = 2^2 \cdot 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 2,116 \cdot 10^{-10} \text{ m} ; r_3 = 3^2 \cdot 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m} = 4,761 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Los valores posibles para la energía del electrón en el átomo de hidrógeno son:

$$E_n = \frac{E_0}{n^2} = -\frac{1}{n^2} \cdot 2,184 \cdot 10^{-18} \text{ J} ; n = 1, 2, 3, \dots$$

Por tanto, para $n = 2$ y $n = 3$, resulta, respectivamente:

$$E_2 = -\frac{1}{2^2} \cdot 2,184 \cdot 10^{-18} \text{ J} = -0,546 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_3 = -\frac{1}{3^2} \cdot 2,184 \cdot 10^{-18} \text{ J} = -0,243 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

23 Indica cuáles de las siguientes proposiciones son correctas para los modelos de Bohr (B) y Bohr-Sommerfeld (BS):

- a) El modelo B solo permite órbitas circulares.
 - b) En el modelo ampliado BS, las órbitas vienen definidas por tres números cuánticos.
 - c) El modelo B calcula correctamente la energía de ionización del He, Li y otros átomos pequeños.
 - d) En el modelo BS, las órbitas son elípticas.
- a) Cierta. En el modelo original de Bohr se empleaban solo órbitas circulares.
- b) Cierta. Se necesitan tres números cuánticos para especificar la capa electrónica, la forma de la órbita y la orientación de la órbita en el espacio.
- c) Falsa. El modelo solo funciona bien en átomos hidrogenoides, o sea, con un solo electrón. Por tanto, predice correctamente la energía de ionización del hidrógeno, pero no la del helio o el litio. Sí es válido para He^+ y Li^{2+} , por ejemplo.
- d) Cierta. El modelo de Sommerfeld admite cualquier tipo de órbitas, tanto elípticas como circulares. Las órbitas circulares son un caso especial de órbita elíptica.

24 Cuando se compara la radiación láser con la que procede de otras fuentes, ¿cuáles de estas afirmaciones son ciertas?:

a) Si tienen igual potencia, la intensidad es similar.

b) Los fotones del láser tienen más energía.

a) Falsa. A igual potencia, el haz láser es mucho más intenso, porque la potencia luminosa se reparte en una superficie mucho menor ($I = P/S$).

b) Falsa. Los fotones de una luz láser son individualmente similares a los de cualquier otra fuente de luz. Su energía depende del color (frecuencia o longitud de onda) siguiendo la fórmula habitual, $E = h \cdot f$.

25 La línea más importante del láser de He-Ne es $\lambda = 633 \text{ nm}$. Para un equipo de 8 mW de potencia que genera un haz de 1 mm de diámetro, calcula la intensidad del haz y el número de fotones que golpean cada segundo un papel colocado perpendicularmente a la dirección del haz.

La intensidad del haz es:

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi \cdot r^2} = \frac{0,008 \text{ W}}{\pi \cdot (0,0005 \text{ m})^2} = 1,02 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$$

La energía que el haz láser transporta en un segundo es:

$$E = P \cdot t = 8 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot 1 \text{ s} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

Por tanto, el número de fotones que cada segundo chocan contra un objeto colocado perpendicularmente al avance del haz será:

$$E = n \cdot E_{\text{fotón}} = n \cdot h \cdot \frac{c}{\lambda} \rightarrow n = \frac{E \cdot \lambda}{h \cdot c} = \frac{0,008 \text{ J} \cdot 633 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 2,55 \cdot 10^{16} \text{ fotones/s}$$