FÍSICA MODERNA I

29 de Septiembre del 2011.

Guía Nº 5: Principio de Incerteza de Heisenberg y Modelo atómico de Bohr.

Problema 1:

Límite de resolución espacial del microscopio óptico: suponga que quiere medir la posición de una partícula en reposo iluminándola con luz de longitud de onda λ (ver Fig. 1 para obtener datos necesarios del problema). Utilice aproximación de ángulos pequeños y verifique la relación de incerteza de Heisenberg en este sistema.

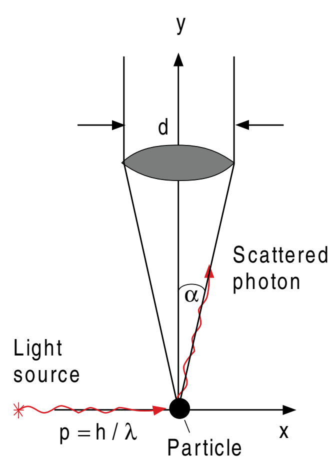

Figura 1: *Límite de resolución espacial del microscopio óptico*

Problema 2:

Comente las fallas de los modelos de Thomson y Rutherford (ver links en página de la materia!)

Problema 3:

En base al modelo atómico de Bohr:

a) Determine el radio de las órbitas permitidas. Calcule el radio de la primera órbita de Bohr para el átomo de hidrógeno.

b) Muestre que la energía del electrón está cuantizada (admite sólo valores discretos). Calcule la energía correspondiente a un electrón en la primera órbita de Bohr en un átomo de hidrógeno (estado fundamental del átomo). Dibuje el diagrama de niveles de energía para un átomo de hidrógeno.

c) Justifique la utilización de mecánica clásica en lugar de mecánica relativista para átomos livianos.

d) Repita los dos primeros items considerando finita la masa del núcleo.

Problema 4:

De acuerdo al modelo atómico de Bohr, si un electrón se mueve en una de las órbitas permitidas, su energía se mantiene constante (estado estacionario). El electrón puede sufrir una transición "no clásica" de un estado estacionario a otro de energía inferior emitiendo radiación electromagnética de frecuencia $\nu = \Delta E/h$, siendo ΔE la diferencia de energía entre los dos estados involucrados y $h = 2\pi\hbar$.

a) Balmer encontró una fórmula empírica para representar las longitudes de onda de las líneas correspondientes al espectro de emisión del hidrógeno que se encuentra en la región visible (esta serie de líneas espectrales se conoce como serie de Balmer): $\lambda_n = an^2/(n^2 - 4)$. Determine el valor de la constante a.

b) Determine en qué región del espectro electromagnético se encuentran las siguientes series del hidrógeno:

1) Serie de Lyman ($n_f = 1$).
2) Serie de Paschen ($n_f = 3$).
3) representa el número cuántico correspondiente al estado hacia el cual el electrón sufre la transición.

Problema 5:

Calcule la energía de un fotón emitido en una transición radiativa teniendo en cuenta el retroceso del átomo. Calcule el corrimiento de la última línea de la serie de Lyman debido al retroceso atómico. Encuentre la velocidad del átomo cuando sufre esta transición. Compare la atracción gravitacional entre el electrón y el el protón en un átomo de H con la atracción coulombiana entre ellos. Está justificado ignorar la fuerza gravitacional?

Problema 6:

Mirar motivaciones antes de realizarlo en la página de la materia! En términos del modelo de Bohr, un átomo multielectrónico se puede considerar como un conjunto de electrones independientes ocupando distintas órbitas hidrogenoides de Bohr. Considere un átomo del isótopo ^{9}Be (Z=4) y suponga que la órbita de menor energía puede alojar como máximo 2 electrones. Así, el estado fundamental de este sistema contendrá dos electrones en el nivel $n = 1$ y dos en el nivel $n = 2$. Suponga ahora que uno de los electrones del nivel $n = 1$ es removido por una colisión con un electrón externo, dejando al sistema en un estado excitado. En base al modelo de Bohr:

a) Calcule la longitud de onda del fotón emitido cuando un electrón del nivel $n = 2$ migra a la vacancia del nivel $n = 1$.

b) Muestre que un segundo tipo de proceso *no radiativo* es posible, en el cual un segundo electrón es emitido espontáneamente (autoionización), en tanto que el electrón restante se reacomoda en la órbita inferior. Esto se conoce como *efecto Auger*.

c) Calcule la energía cinética del electrón emitido en una transición Auger.

Problema 7:

El átomo con número atómico $Z = 1$ posee tres especies isotópicas: hidrógeno, deuterio y tritio, cuyas masas nucleares son respectivamente M, $2M$ y $3M$, con $M \approx 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg. Calcule la diferencia entre las longitudes de onda de la línea H_α (primera línea de la serie de Balmer) para el hidrógeno y el tritio.

Problema 8:

A qué temperatura la energía cinética molecular promedio del hidrógeno gaseoso será igual a la energía de ionización del átomo de hidrógeno?

Problema 9:

Principio de correspondencia: usando el modelo de Bohr muestre que cuando un átomo de H efectúa una transición de un estado n a un estado $n-1$ la frecuencia de la radiación emitida esta dada por:

$$\nu = \frac{2\pi^2\, m\, k^2\, e^4}{h^3} \frac{2n-1}{(n-1)^2\, n^2} \qquad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Usando las expresiones para el radio de las órbitas y para la velocidad del electrón en el modelo de Bohr, muestre que para $n \to \infty$ la expresión anterior se reduce a la frecuencia de la radiación que, de acuerdo a la teoría clásica, emitiría un electrón girando en una órbita de Bohr.