Física General IV - Curso 2008

Práctica 3 : Espectros y "vieja" cuantificación *

2 de septiembre de 2008

Problema 1. En la clase teórica, al calcular la constante de Rydberg, se utilizaron fórmulas válidas para un electrón en el potencial coulombiano que ejerce un protón fijo en el origen de coordenadas ($m_p \gg m_e$) analizándose el problema como el de una partícula en un campo central.

Para tener en cuenta clásicamente la dinámica del protón, hay que separar el movimiento del centro de masa del sistema del movimiento relativo. La única modificación de hacer lo anterior es la de reemplazar la masa del electrón por la masa reducida $\mu = m_e m_p/(m_e + m_p)$ y tomar a r en las fórmulas utilizadas en clase como $r = |\vec{r}_p - \vec{r}_e|$.
a) Modifique el postulado de Bohr para la cuantificación del momento angular de manera consistente con lo anterior y recalcule la constante de Rydberg.
b) Compare el cambio de la constante de Rydberg para el Hidrógeno (1 protón + 1 electrón) con la del Deuterio (1 protón + 1 neutrón + 1 electrón).

Problema 2. Determine la constante de Rydberg para el positronium, un sistema cuasi-estable formado por un electrón y su antipartícula, el positrón.
La existencia del positrón (de antimateria en general) fue predicha cuando se construyó la mecánica cuántica relativista (Paul A.M. Dirac, 1928) y comprobada al detectarse positrones en la radiación cósmica (Carl Anderson, 1932). Se trata de partículas con carga del mismo valor y signo opuesto a la del electrón, su misma masa (y demás propiedades). El positrón puede formar un estado ligado con el electrón, con una vida media $\tau \leq 143 \times 10^{-9}$ s. Al cabo de ese tiempo, se produce la aniquilación del positrón y el electrón, y la energía resultante será llevada por los fotones resultantes. El positronium, predicho por Anderson, fue descubierto experimentalmente en 1951 por Martin Deutsch.

Problema 3. Si la vida media de un electrón en el primer estado excitado del Hidrógeno es de $\tau = 10^{-8}$ s, ¿cuántas revoluciones ejecuta de acuerdo al modelo de Bohr antes de pasar al estado fundamental?

Problema 4. Considere un "pozo de potencial infinito" unidimensional, es decir un campo de fuerzas tal que la energía potencial es

$$V(x) = \begin{cases} \infty & x < 0, \ x > a \\ 0 & 0 < x < a \end{cases}$$

*Las prácticas están disponibles en la página: www.fisica.unlp.edu.ar/∼wahlberg/FG4/

Una partícula de masa m sólo puede moverse dentro de este pozo, donde la fuerza que actúa sobre ella es nula. Aplique la regla de Wilson-Sommerfeld para calcular la estructura de niveles de energía del sistema.

Problema 5. A partir del resultado obtenido en el problema anterior, calcule la mínima energía cinética de un neutrón en el núcleo de diámetro $d = 10^{-14}m$.

Hint: Piense al neutrón como una partícula "atrapada" en un pozo de potencial (el del núcleo) de longitud $a = d$.

Problema 6. Encuentre la longitud de onda de de Broglie de una pequeña bolita de masa $0{,}01kg$ que tiene una velocidad de $10m/s$.

Problema 7. Si se quiere observar un objeto cuyo tamaño es de 2.5Å, ¿cuál debe ser la energía mínima de los fotones utilizados para la observación?.

Problema 8. En uno de sus experimentos, Davisson y Germer usaron electrones incidiendo normalmente sobre la superficie de un cristal de Níquel, paralela a uno de los planos principales de Bragg (ver Figura 1). Ellos observaron la existencia de interferencia constructiva para un ángulo de 50° normal a la superficie cuando la energía cinética de los electrones es de $54eV$.

a) Suponiendo que la difracción ocurre a primer orden, encuentre la longitud de onda asociada con el haz electrónico a partir de la diferencia de camino entre haces dispersados (reflexión de Bragg).

b) Repita el cálculo de λ utilizando la expresión de de Broglie. Compare los resultados.

Problema 9. Supongamos que se mide el momento de una cierta partícula con una precisión relativa $\Delta p/p = 10^{-3}$. Determine la mínima incerteza en la posición de la partícula si **a)** su masa es de $5 \times 10^{-3}kg$ y se mueve con una velocidad de $2m/s$; **b)** es un electrón con velocidad $1{,}8 \times 10^{8}m/s$.

Problema 10. A partir de la relación $\Delta p \Delta x \geq h/4\pi$, muestre que para el caso de una partícula moviéndose en un círculo esta relación puede reescribirse como $\Delta L \Delta\theta \geq h/4\pi$, donde ΔL es la incerteza en el momento angular y $\Delta\theta$ es la incerteza en el ángulo.

Problema 11. Encuentre la longitud de onda de un fotón emitido por un átomo de Hidrógeno que experimenta una transición desde $n = 5$ a $n = 2$.

Problema 12. Electrones de energía $12{,}2eV$ son bombardeados contra átomos de Hidrógeno contenidos en un tubo de gas. Determine las longitudes de onda de las líneas permitidas emitidas por el Hidrógeno.

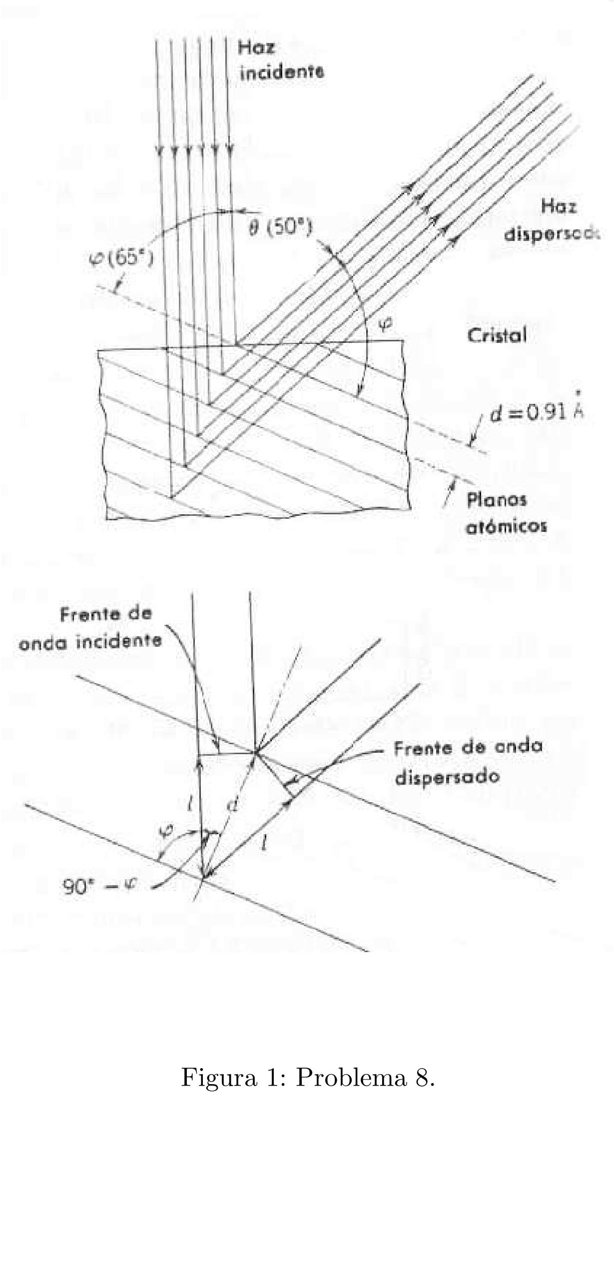

Figura 1: Problema 8.