Universidad Nacional de Río Negro - Profesorados de Física

Física Moderna A
El átomo de hidrógeno

Asorey

2017

48. **Cuantización de L**:
Compare el valor del momento angular para un electrón en el nivel fundamental ($n = 1$) y en el nivel ($n = 2, l = 1$) predichos por la teoría de Bohr, comparado con el resultado cuántico correcto, $L = \sqrt{l(l-1)}\hbar$. Luego, verifique para el caso $l = n-1$, a partir de que valor de n ambas predicciones difieren en menos de un 5 %.

49. **Cuantización de la energía**:
Verifique los cálculos realizados en clase y muestre que la energía de un estado con número cuántico principal n es $E_n = E_1/n^2$, donde
$$E_1 = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{me^4}{2\hbar^2},$$
y que $E_1 = -13{,}6$ eV. Luego, siga los lineamientos de la clase para encontrar que el valor de a_0 corresponde con el radio de Bohr.

50. **Números cuánticos**:
Para un electrón en el nivel $n = 5$, escriba todos los posibles valores de los números cuánticos l y m, el nombre del orbital, y el número total de estados diferentes que el nivel $n = 5$ puede tener (recuerde que la multiplicidad es $(2l + 1)$ para cada valor de l). Luego, para el caso $l = 4$, calcule los posibles valores de L y L_z, y los posibles ángulos que forma el vector $\vec{L}$ con el eje z.

51. **Soluciones**:
Muestre que $T_2^0(\theta) = \frac{\sqrt{10}}{4}(3\cos^2\theta - 1)$ es solución de la ecuación cenital, y escriba la solución a la ecuación radial correspondiente (sáquela de la tabla de soluciones encontrando el valor de n correspondiente). Luego, verifique que $R_1^0(\theta) = \frac{2}{a_0^{3/2}}e^{-r/a_0}$ es una solución de la ecuación radial.

52. **Solución radial**:
Utilizando la regla de normalización de la solución radial y la expresión para calcular los polinomios de Laguerre vista en clase, verifique que la solución correspondiente al nivel R_3^1 es $R_3^1 = \frac{4}{81\sqrt{6}a_0^{3/2}}(r/a_0)(6-r/a_0)\exp(-r/3a_0)$. Luego, a partir de las expresiones para los armónicos esféricos, encuentre la función de onda del estado $\psi_{3,1,+1}(r,\theta,\varphi)$. Compárela con la expresión vista en clase (Tabla 11/29 U05C03).

53. **Probabilidades**:
Para un electrón en un átomo de hidrógeno, la probabilidad de encontrarlo en un cascarón esférico de radio interior r y radio exterior $r + dr$ (espesor dr) es $P(r) = r^2|R_n^l|^2 dr$.

Encuentre el valor de r para el cual la probabilidad de encontrar al electrón en el estado $1s$ es máxima, y compare esta valor con la predicción del modelo de Bohr para el nivel fundamental.

54. **Punto de viraje clásico**:
Calcule para que valor de r, la energía total del nivel fundamental del átomo de hidrógeno ($n=1$) es igual al valor de la energía potencial $U(r)=e^2/(4\pi\epsilon_0 r)$. A este valor, r_c se lo conoce como punto de viraje clásico, ya que en el análisis clásico el electrón siempre estará confinado a $r \leq r_c$, cosa que no ocurre para el análisis cuántico. Luego, calcule el valor $P(r_2) = r_c^2|R_1^0(r_c)|^2$ de encontrar al electrón en un entorno de r_c, verificando que es mayor que cero, y que por lo tanto hay una probabilidad no nula de encontrar al electrón en $r > r_c$.

55. **Cercanos y lejanos**:
Para un electrón en el nivel $1s$, calcule el valor de $\psi(r,\theta,\varphi)$ para $r = a_0$ y $r = a_0/2$. Luego, calcule la probabilidad de que un electrón en ese estado se encuentre entre $a_0/2$ y a_0, entre a_0 y $2a_0$, y luego entre $5a_0$ y $6a_0$.

56. **Reglas de selección**:
A partir de las reglas de selección para las transiciones entre dos estados del átomo de hidrógeno, $\psi_{n'l'm_l'} \to \psi_{nlm_l}$: $\Delta l \equiv l' - l = \pm 1$ y $\Delta m_l \equiv m_l' - m_l = 0, \pm 1$, encuentre cuales transiciones son permitidas y cuales son prohibidas para una transición $4f \to 3d$, para una transición $3d \to 2p$ y finalmente para la transición $4f \to 2p$. Verifique si es más conveniente para el electrón (es decir, si hay más transiciones permitidas) para la transición directa o para aquellas que pasan por el nivel $3d$.