C4.1 Principiul de Corespondență-Bohr

Principiul de corespondenţă Bohr între „lumile” clasice şi cuantice: cu cât nivelele cuantificate sunt mai înalte (cuantificate de numere mari de cuantificare) cu atât frecvenţele cuantificate se apropie de cele clasice.

Demonstraţie: Din descrierea atomului Bohr se poate scrie formula frecvenţei undelor emise (fotoni) când tranziţia are loc între două stări din atomul respectiv

$$\boxed{\upsilon_{n_1 \to n_2} = \frac{E_2 - E_1}{h} = \frac{m_0 e_0^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = R_\infty c Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = R_\infty c Z^2 \frac{(n_2 - n_1)(n_2 + n_1)}{n_1^2 n_2^2},\ n_2 > n_1}$$

Acum, cea mai importantă întrebare este când această frecvenţă devine eventual egală cu frecvenţele asociate cu mişcarea circulară orbitală în stările “1” şi “2”, respectiv. Pentru a răspunde trebuie să observăm cum cuantificarea Bohr are la bază imaginea clasică a momentului cinetic orbital al electronului la o distanţă optimă faţă de nucleu, cu viteza unghiulară $\dot{\varphi}$ şi frecvenţa f; de exemplu, enegia cinetică optimă se scrie

$$\boxed{T_{opt,n} = \frac{m_0 v_{opt,n}^2}{2} = \frac{1}{2} m_0 \left(r_{opt,n} \dot{\varphi} \right)^2 = \frac{1}{2} m_0 r_{opt,n}^2 \left(2\pi f_n \right)^2}$$

de unde avem

$$\boxed{f_n = \frac{1}{2\pi\hbar n} \frac{e_0^4 m_0}{(4\pi\varepsilon_0)^2 \hbar^2} \left(\frac{Z}{n} \right)^2 = \frac{2T_{opt,n}}{nh} = \frac{2R_\infty c Z^2}{n^3}}$$

Relaţia între frecvenţa de tranziţie cuantică $\upsilon_{n_1 n_2}$ şi cea “clasică” asociată stărilor cuantificate n_1 şi n_2, anume f_{n_1} şi f_{n_2}, poate fi clarificată în două cazuri limită.

- Când este vorba de diferenţa dintre două stări consecutive, de ex. $\Delta n = n_2 - n_1 = 1$ şi $n_1, n_2 >> 1$, avem într-un sens asimptotic că $n_1 \cong n_2$ conducând la echivalenţa

$$\boxed{\upsilon_{n_1 \cong n_2} = \frac{2R_\infty c Z^2}{n_1^3} = f_{n_1} = \frac{2R_\infty c Z^2}{n_2^3} = f_{n_2}}$$

- Când nu este vorba de două stări consecutive, de ex. $\Delta n = n_2 - n_1 > 1$ şi $n_1, n_2 >> 1$ avem că $n_1 \cong n_2 >> \Delta n$ şi obţinem relaţia clasic-cuantică

$$\boxed{\upsilon_{n_1 \cong n_2} = \frac{2R_\infty c Z^2}{n_1^3} \Delta n = \frac{2R_\infty c Z^2}{n_2^3} \Delta n = f_{n_1 \cong n_2} \Delta n}$$