

05. SPEKTRÁLNA ANALÝZA, URČENIE RYDBERGOVEJ KONŠTANTY

Všetky telesá v závislosti od svojej teploty vyžarujú energiu vo forme elektromagnetického žiarenia rôznych vlnových dĺžok. V roku 1666 pomocou skleneného hranola Isaac Newton prvýkrát rozložil slnečné žiarenie na jednotlivé farebné plochy, ktoré nazval **spektrum**.

Tuhé látky a kvapaliny zohriate na vysokú teplotu vyžarujú **spojité spektrá**, ktoré vo viditeľnej časti obsahujú postupne vedľa seba všetky farby, teda elektromagnetické žiarenie všetkých vlnových dĺžok spadajúcich do viditeľnej časti spektra. Takýmto žiaricom je napríklad slnko, či elektrická žiarovka a ich spojité spektrá sú výsledkom chovania veľkého množstva interagujúcich atómov, ktorých energia rastie s rastúcou teplotou a môže nadobúdať ľubovoľné hodnoty.

Čiarové spektrá sú charakteristické pre zriedené plyny, kde vzájomnú interakciu atómov môžeme zanedbať. Elektróny v atómovom obale, ako to opisuje kvantová fyzika, môžu mať iba určité energie a v základnom stave sú elektróny usporiadané tak, aby celková energia atómu bola najnižšia. Ak je plyn pri tlaku menšom ako je atmosférický vhodne excitovaný – zvyčajne prechodom elektrického prúdu, elektróny v obale sa dostanú na vyššie energetické hladiny. Pri svojich preskokoch späť na základné hladiny sa rozdiel energií elektrónu na vyššej a nižšej energetickej hladine vyžiarí ako elektromagnetické žiarenie určitých diskretných vlnových dĺžok. Experimentálne sa potvrdilo, že emitované žiarenie je charakteristické pre jednotlivé atómy alebo molekuly plynu. Každý prvok sa vyznačuje svojím špecifickým čiarovým spektrom. Spektroskopia je tak účinným nástrojom pri analýze zloženia neznámej látky. Vlnové dĺžky elektromagnetického žiarenia prítomné v atómových spektrách možno zoradiť do skupín nazývaných spektrálne série.

Prvá takáto séria bola objavená J. J. Balmerom v roku 1885 pri štúdiu viditeľnej časti vodíkového spektra. Možno ju opísať vzťahom:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n = 3, 4, 5, \dots$$

kde $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ je tzv. Rydbergova konštanta. Z Bohrovho modelu, ako aj z kvantomechanického opisu vodíkového atómu vyplýva, že jeho čiarové spektrum má pôvod v elektrónových prechodoch z vyšších do nižších energetických stavov a pre prevrátenú hodnotu vlnovej dĺžky vyžiareného elektromagnetického žiarenia pri preskoku elektrónu z n -tej na s -tú energetickú hladinu platí vzťah:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 ch^3} \left(\frac{1}{s^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad s = 1, 2, 3, \dots \quad n = s + 1, s + 2, s + 3, \dots$$

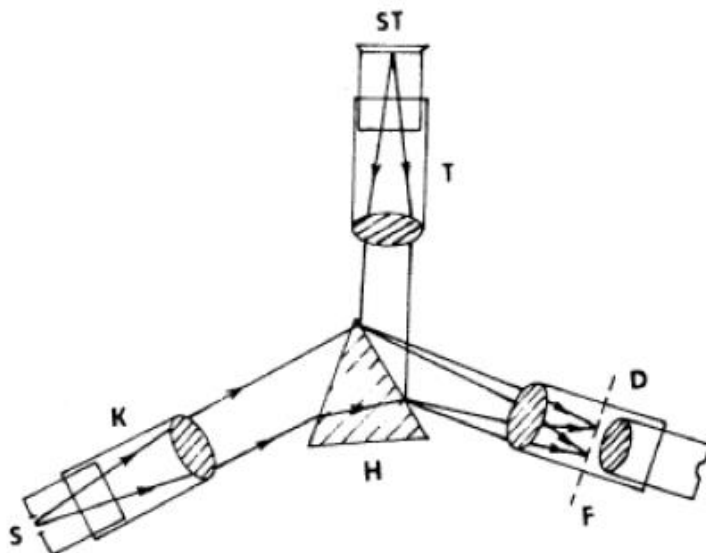
Balmerovu sériu tvoria fotóny elektromagnetického žiarenia vyžiareného pri preskoku elektrónov z vyšších energetických hladín na druhú hladinu, teda $s = 2$, $n = 3, 4, 5, \dots$ Hodnota

výrazu $\frac{me^4}{8\epsilon_0^2 ch^3}$ je zhodná s experimentálne zistenou Rydbergovou konštantou R . Ďalšie

spektrálne série vodíka spadajú buď do ultrafialovej ($s = 1$) alebo infračervenej ($s = 3, 4, \dots$) oblasti, takže vo viditeľnej časti spektra ich nemožno pozorovať.

Spektrá svietiacich látok môžeme pozorovať spektroskopmi. Najjednoduchší typ spektroskopu je Bunsenov spektroskop. Skladá sa z kolimátora (K) pred ktorým je štrbina S, optického hranola (H), ďalekohľadu (D) a pomocného kolimátora (T) so stupnicou (ST) (obr.

1). Skúmanú žiariacu látku umiestnime pred štrbinu kolimátora. Objektív kolimátora vytvorí z rozbiehavého zväzku lúčov zväzok rovnobežný. Tento zväzok dopadá na hranol, kde sa v dôsledku ohybu (disperzie) zložené svetlo rozkladá na zložky, ktoré v ohniskovej rovine objektívu ďalekohľadu vytvoria farebné obrazy štrbiny prislúchajúce jednotlivým vlnovým dĺžkam – farbám. V ohniskovej rovine objektívu ďalekohľadu (D) je súčasne vytvorený obraz stupnice, ktorá je umiestnená v ohniskovej rovine pomocného kolimátora, takže v zornom poli ďalekohľadu môžeme odčítať polohu každej pozorovanej farby.



Obr.1

Úlohy merania:

1. Zostrojiť disperznú krivku daného spektroskopu.
2. Určiť vlnové dĺžky spektrálnych čiar vodíka.
3. Určiť hodnotu Rydbergovej konštanty.

Postup pri meraní:

1. Disperzná krivka spektrometra je závislosť vlnovej dĺžky od polohy príslušnej čiary $\lambda = f(n)$. Zostrojíme ju pomocou známeho čiarového spektra hélia odčítaním polohy n_i jednotlivých čiar héliového spektra. Ku každej farbe z tabuľky odčítame prislúchajúcu vlnovú dĺžku.

Pozn: Disperznú krivku popisuje vzťah v tvare $\lambda(n) = \lambda_0 + \frac{C_0}{n-n_0}$. Hodnoty konštant

λ_0 , C_0 a n_0 závisia popri disperzných vlastnostiach hranola aj od konštrukčného usporiadania spektroskopu, avšak pre konkrétne usporiadanie sú nemenné.

2. Vlnové dĺžky spektrálnych čiar vodíka zistíme z odmeranej polohy každej čiary následným odčítaním na disperznej krivke.
3. Namerané hodnoty spracujeme podľa inštrukcií v referáte k tejto úlohe.