

16. KVANTINIŲ ŠVIESOS SAVYBIŲ TYRIMAS

Užduotys

1. Išmatuoti vandenilio spektro Balmerio (*Balmer*) serijos linijų bangos ilgį ir apskaičiuoti Rydbergo (*Rydberg*) konstantą.
2. Nustatyti kalio bichromato tirpalo sugerties spektro raudonojo krašto bangos ilgį ir apskaičiuoti Planko (*Planck*) konstantą.

Teorija

Klasikinė fizika nesugebėjo paaiškinti šiluminio spinduliavimo eksperimento dėsningumą. Tai pavyko padaryti tik M. Plankui pateikus hipotezę, kad *elektromagnetinė spinduliuotė spinduliuojama ne tolygiai, o atskiromis porcijomis*, vadinamomis šviesos **kvantais** (*fotonais*), kurių energija proporcinga dažniui:

$$w = h\nu = h \frac{c}{\lambda};$$

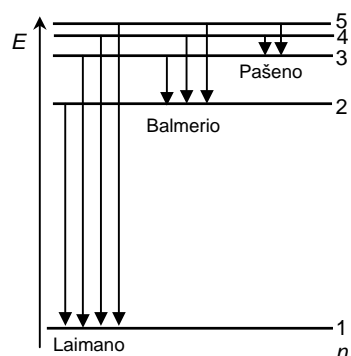
čia h – Planko konstanta, ν – dažnis, c – šviesos greitis, λ – bangos ilgis.

M. Planko teiginys, kad harmoninis ν dažnio osciliatorius gali turėti tik tokį energijos kiekį, kuris yra kartotinis elementariojo dydžio $h\nu$ ($E_n = nh\nu$), pateikė teisingą šiluminio spinduliavimo gebos išraišką, sutampančią su eksperimento duomenimis. Naudodamasis M. Planko teiginiais, N. Boras (*Bohr*) išplėtojo atomo spinduliavimo *kvantinę teoriją*. Pagal ją atomas nusakomas tam tikromis stacionariomis būsenomis, kurių būdamas jis energijos nespinduliuoja ir nesugeria. Energija spinduliuojama arba sugerama atomui peršokant iš vienos stacionariosios būsenos į kitą. Tokio šuolio metu spinduliuojama arba sugerama elektromagnetinė monochromatinė banga, kurios dažnį lemia stacionariųjų būsenų energijų skirtumas:

$$h\nu = E_2 - E_1.$$

A. Einšteinas (*Einstein*) papildė Boro kvantinę teoriją kiekybiškai nusakydamas šviesos sugerties ir spinduliavimo procesus. Spinduliuojančiųjų atomų kvantines savybes rodo atomų spektruose pastebėti dėsningumai. Atomų spektrų linijos sudaro tam tikras grupes, kuriose linijos išsidėsčiusios tam tikra tvarka. Tokios spektro linijų grupės vadinamos *serijomis*. Tarp tos pačios serijos linijų bangų ilgių yra dėsningas sąryšis.

Paprasčiausi serijų dėsningumai atsispindi vandenilio atomo spektre. Vandenilio spektrą sudaro kelios serijos (16.1 pav.), iš kurių viena, vadinamoji *Balmerio* (*Balmer*) serija, yra regimojoje spektro dalyje. Šios serijos spektro linijų bangos skaičiai ν' išreiškiami tokia formule:



16.1 pav. Vandenilio atomo energijos lygmenų diagrama ir serijos

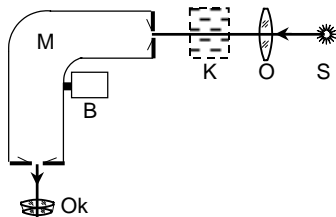
$$\nu' = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right); \quad (16.1)$$

čia R – Rydbergo konstanta, n – pagrindinis kvantinis skaičius, kuris vandenilio linijoms H_α , H_β ir H_γ atitinkamai lygus 3; 4 ir 5. Analogiškai dėsningumai atspindi ir sugerties spektruose, kurie registruojami naudojant spektrometrą ir ištisinio spektro spinduolį (pvz., kaitinamąją lempą). Tiriamoji medžiaga dedama tarp spinduolio ir spektrometro ir ištisinio spektro fone matomos tamsios sugerties linijos bei juostos, būdingos tai medžiagai.

Tarp spinduliuotės ir sugerties spektrų yra tiesioginis sąryšis. Jei kokių nors dujų sugerties spektras sudarytas iš tam tikrų bangos ilgių tamsių linijų, tai spinduliuotės spektras sudarytas iš tų pačių bangos ilgių šviesių linijų.

Tyrimas

Pradžioje graduojamas monochromatorius. Tam naudojamas spinduolis (S) (16.2 pav.), kurio spektras yra linijinis ir spektro linijų bangos ilgiai žinomi (pvz., gyvsidabrio lempa). Žiūrima pro monochromatoriaus (M) okuliarą (Ok) ir sukant būgną (B) sutapdinamos spektro linijos su regėjimo lauke matoma rodyklėle. Užrašomi būgno rodmenys kiekvienai spektro linijai. Taip nustatoma monochromatoriaus būgno rodmenų priklausomybė nuo šviesos bangos ilgio. Nubrėžiama monochromatoriaus gradavimo kreivė.



16.2 pav. Darbo schema

Prieš monochromatorių statoma vandenilio lempa ir šviesa kondensoriumi (O) nukreipiama į įeinamąjį plyšį. Sukant monochromatoriaus būgną regėjimo lauke esanti rodyklėle paeiliui sutapdinama su kiekviena vandenilio spektro linija H_α (raudona), H_β (žaliai žydra) ir H_γ (violetinė) ir užrašomi atitinkami būgno rodmenys. Iš gradavimo kreivės nustatomi bangos ilgiai, apskaičiuojami jų bangos skaičius $\nu' = 1/\lambda$ ir pagal (16.1) formulę apskaičiuojama Rydbergo konstanta.

Veikiant šviesai medžiagoje gali vykti įvairūs pokyčiai, pvz., suskilti molekulės. Paprastai vienas sugertas šviesos kvantas suskaido vieną molekulę. Skaidyti gali tik tie kvantai, kurių energija yra ne mažesnė už energiją w_0 , reikalingą tai molekulei suskaidyti:

$$h\nu \geq w_0.$$

Planko konstantai nustatyti naudojamas kalio bichromato ($K_2Cr_2O_7$) vandens tirpalas. Tirpale susidariusį joną $Cr_2O_7^{2-}$ šviesa gali skaidyti taip:



Ilgiausia dar skaidanti joną banga atitinka sugerties pradžią tirpalo spektre. Tenkinama tokia sąlyga:

$$h \frac{c}{\lambda} = w_0$$

(16.2) reakcijos šiluminis efektas w_0 yra žinomas; jis lygus 222 kJ/mol. Norint w_0 išreikšti vienai molekulei, reikia padalyti iš Avogadro (*Avogadro*) skaičiaus $N_0 = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Tada Planko konstanta išreiškiama taip:

$$h = \frac{w_0}{N_0 \nu} = \frac{w_0 \lambda}{N_0 c} \quad (16.3)$$

Tiriama taip. Monochromatoriaus plyšys apšviečiamas kaitinamosios lempos šviesa. Tarp lempos ir monochromatoriaus prieš plyšį statoma kiuvetė (K) su kalio bichromato tirpalu ir stebimas sugerties spektras. Sukant monochromatoriaus būgną, regėjimo lauke esanti rodyklėlė sutapdinama su sugerties spektro raudonuoju kraštu. Užrašomas būgno rodmuo ir iš gradavimo kreivės nustatomas bangos ilgis. Įrašius jį į (16.3) išraišką apskaičiuojama Planko konstanta.