

LD16A. KVANTINIŲ ŠVIESOS SAVYBIŲ TYRIMAS

Darbo tikslai

Ištirti dujų spinduliuotės spektrų ypatumus ir spalvoto tirpalo šviesos sugertį.

Užduotys

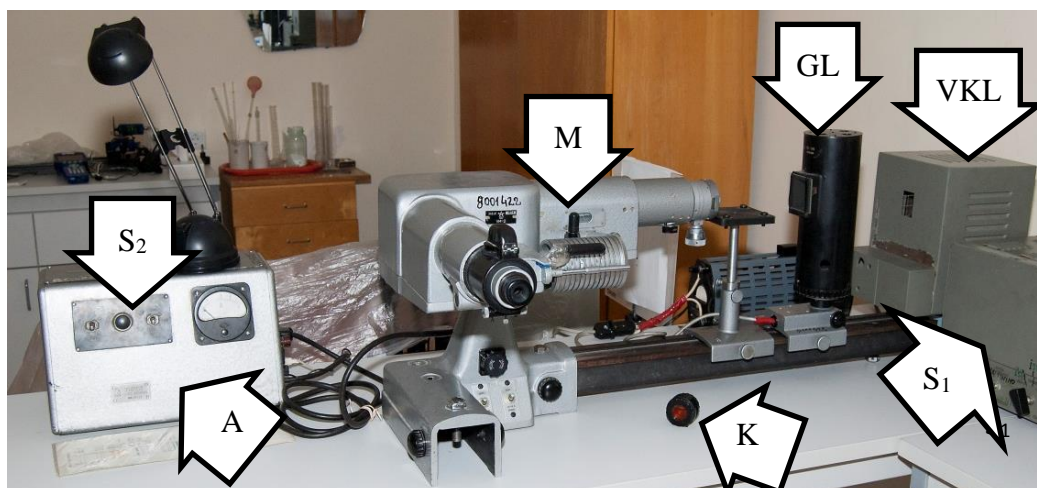
1. Sugraduoti monochromatorių.
2. Išmatuoti vandenilio dujų spinduliuotės spektro Balmerio serijos linijų bangos ilgį ir apskaičiuoti Rydbergo konstantą.
3. Nustatyti kalio bichromato tirpalo spektro sugerties juostos krašto bangos ilgį ir apskaičiuoti Planko konstantą.

Teorinės temos

- Vandenilio atomas. Balmerio serija.
- Šviesos sugertis ir spinduliavimas.
- Spektrų tipai.

Darbo priemonės ir prietaisai

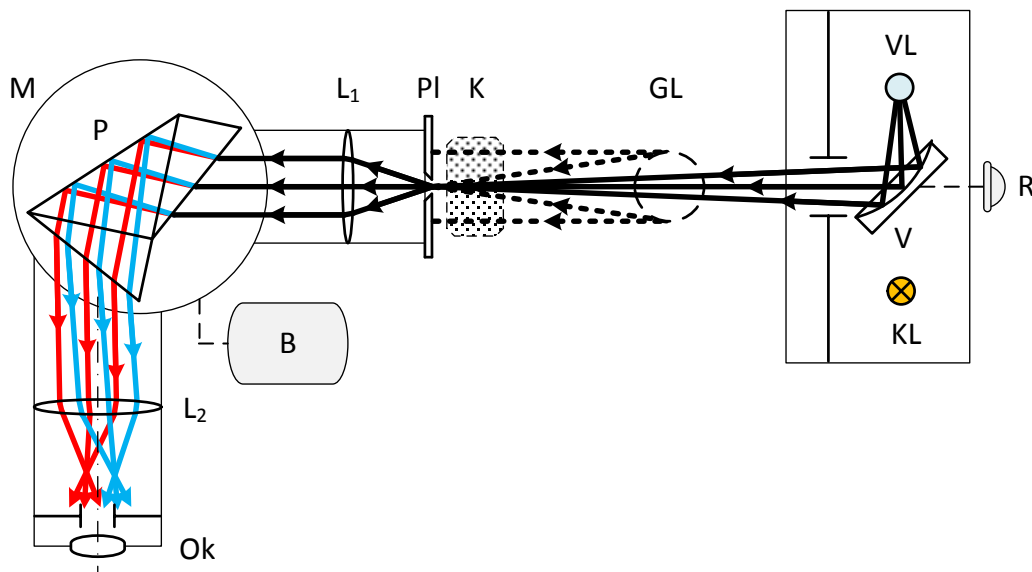
Monochromatorius (M), žemo slėgio gyvsidabrio garų lempa (GL), dujinė (vandenilio) ir kaitrinė lempos (VKL), vandenilio ir kaitrinės lempų matavimo šaltinis (S_1), gyvsidabrio lempos ir monochromatoriaus apšvietimo sistemos matavimo šaltinis (S_2), kiuvetė su kalio bichromato tirpalu (K), gyvsidabrio spinduliuotės spektro linijų atlasas (A) (1 pav.).



1 pav. Kvantinių šviesos savybių tyrimo stendas

Tyrimo metodika

Atliekant laboratorinį darbą yra stebimi medžiagų linijiniai spinduliuotės (emisijos) ir sugerties (absorbcijos) spektrai. Spektrams stebėti naudojamo prizminio monochromatoriaus (M) optinė schema yra pavaizduota 2 pav. Šviečiant vienam iš trijų spinduliuotės šaltinių – gyvsidabrio garų lempai (GL), vandenilio lempai (VL) arba kaitrinei lempai (KL) – jo skleidžiama šviesa yra nukreipiama į monochromatoriaus įėjimo plyšį (PI). Vandenilio ir kaitrinė lempos yra sumontuotos po tuo pačiu gaubtu priešinguose jo kraštuose, todėl vieno iš spindulių šviesos srautui nukreipti į plyšį naudojamas įgaubtasis veidrodis (V), valdomas rankenėle (R).

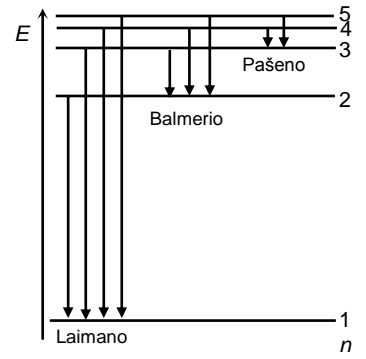


2 pav. Monochromatoriaus UM - 2 optinė schema

Sklandama pro plyšį šviesa difraguoja ir pasiekia glaudžiamąjį lęšį (L_1), nutolusį nuo plyšio židinio nuotolio atstumu. Juo sukuriamas išplitęs lygiagrečių spindulių pluoštas, tam tikru kampu krintantis į stiklo prizmės (P) paviršių. Monochromatoriaus prizmė yra sudaryta iš dviejų 30° laužiamojo kampo dispersinių prizmių, kartu veikiančių kaip viena 60° laužiamojo kampo prizmė. Į prizmę krintanti nemonochromatinė šviesa dėl dispersijos lūždama išsiskaido į spektrą. Vienodo bangos ilgio spinduliai sklinda lygiagrečiai, tad išėję iš prizmės yra surenkami glaudžiamuoju lęšiu (L_2) ir stebimi okuliario (Ok) plokštumoje. Norint užregistruoti visą spektrą, prizmė yra sukama būgnu (B), sugraduotu laipsniais.

Monochromatoriaus gradavimui naudojamas gyvsidabrio spinduolis (GL), kurio spektro linijų bangos ilgai žinomi. Žiūrint pro monochromatoriaus okuliarą ir sukant būgną, sutapatinamos spektro linijos su regėjimo lauke matoma švytinčia rodykle. Užrašomi būgno rodmenys ir brėžiama gradavimo kreivė $N = f(\lambda)$.

Tiriant vandenilio dujų spinduliuotės spektrą stebimos tikrai į regimąją spektro sritį patenkančios linijos t.y. Balmerio (*Balmer*) serijos linijos, žymimos H_α , H_β , H_γ ir t.t. Šios serijos linijų bangos ilgiai atitinka bangos ilgus fotonų, išspinduliuojamų vykstant elektrono šuoliams vandenilio atome iš aukštesniųjų energijos lygmenų, žymimų pagrindiniais kvantiniais skaičiais $n = 3; 4; 5\dots$, į sužadintąją būseną $n = 2$ (3 pav.).



3 pav. Vandenilio atomo energijos lygmenų diagrama ir serijos

Remiantis Boro (*Bohr*) postulatais, didesnis atominių lygmenų, tarp kurių įvyksta šuolis, energijų skirtumas atitinka didesnio dažnio (trumpesnio bangos ilgio) išspinduliuojamus fotonus. Balmerio serijos spektro linijų bangos skaičiai ν' reiškiami tokia formule:

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

čia R_H^∞ – Rydbergo (*Rydberg*) konstanta.

Veidrodžiu nukreipus vandenilio lempos šviesos srautą į monochromatorių, pro okuliarą stebima daug daugiau spektrinių linijų, nes lemposje esančios dujos yra inertinių dujų mišinys. Gyvsidabrio spektro linijų atlase (A) (1 pav.) yra pažymėti orientyrai Balmerio serijos linijoms identifikuoti. Užfiksavus linijų padėtis atitinkančius monochromatoriaus būgno rodmenis iš gradavimo kreivės nustatomi vandenilio emisijos spektro Balmerio serijos linijų bangos ilgiai ir pagal (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:

$$h\nu \geq w_0; \quad (2)$$

čia $\nu = c/\lambda$ – spinduliuotės dažnis, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – šviesos greitis vakuume, h – Planko (*Planck*) konstanta. Pastarajai nustatyti naudojamas kalio bichromato ($K_2Cr_2O_7$) vandens tirpalas. Tirpalą apšviečiant ištisinio spektro spinduliuote jame susidariusį joną $Cr_2O_7^{2-}$ šviesa skaido taip:



Fotono, kurio energijos dar pakanka suskaidyti joną, bangos ilgis yra λ , kuris nurodo tirpalo sugerties juostos krašto padėtį regimojoje srityje, t.y. tenkinama sąlyga:

$$h \frac{c}{\lambda} = w_0. \quad (4)$$

Šiluminis reakcijos efektas w yra žinomas ir lygus 222 kJ/mol. Norint išreikšti energijos kiekį vienai molekulei suskaidyti, reikia w padalyti iš Avogadro (*Avogadro*) skaičiaus ($N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$). Planko konstanta apskaičiuojama taip

$$h = \frac{w\lambda}{N_A c}. \quad (5)$$

Darbo eiga

1. Monochromatoriaus gradavimas

Prieš monochromatoriaus plyšį pastatoma gyvsidabrio garų lempa (GL) ir įjungiamas maitinimo blokas S_2 (1 pav.). Palaukiama apie 5 minutes kol lempa įkais. Tuo metu patikrinamas būgno skalės apšvietimas ir pro okuliarą matoma švytinti rodyklė. Jei rodyklė neryški, išoriniu metaliniu žiedu sufokusuojamas okuliaras.

Monochromatorius graduojamas pagal spektro linijų atlasą (A 1 pav.), t.y. nustatomi stebimų linijų bangų ilgius atitinkančius būgno (B) (2 pav.) skalės rodmenys (N) ir nubrėžiama gradavimo kreivė $N = f(\lambda)$.

Pastaba: Išjungiamas ir, po kurio laiko, nuo optinio suolo nuimama gyvsidabrio garų lempa (**Atsargiai!** Lempa gali būti labai **įkaitusi**).

2. Rydbergo konstantos įvertinimas

Įjungiamas vandenilio lempa (VL) (2 pav.), kurios spinduliuotė veidrodžiu (V) nukreipiama į plyšį (Pl) pasukus rankenėlę (R), įtaisyta lempos gaubto VKL (1 pav.) gale. Okuliario plokštumoje ieškoma Balmerio serijos linijų H_α (raudona), H_β (žydra) ir H_γ (violetinė). Naudojantis atlasu nustatomi linijas atitinkančius būgno rodmenys ir iš gradavimo kreivės nustatomi linijų bangų ilgiai.

Apskaičiuojami bangos skaičiai ν' ir pagal (1) formulę apskaičiuojama Rydbergo konstantos R_H^∞ vidutinė vertė.

3. Planko konstantos įvertinimas

Įjungiamas kaitrinė lempa (KL) (2 pav.), pasukama rankenėlė (R), kuri veidrodžiu (V) nukreips spinduliuotę į monochromatoriaus plyšį (Pl). Ant kiuvetės stovo ties plyšiu pastatoma kiuvetė (K) su kalio bichromato tirpalu. Nustatomas tirpalo sugerties juostos kraštą atitinkantis būgno rodmuo.

Iš gradavimo kreivės nustatomas sugerties juostos kraštą atitinkantis šviesos bangos ilgis. Pagal (5) formulę apskaičiuojama Planko konstanta, kuri palyginama su teorine jos verte. Baigus darbą išjungiamas kaitrinės lempa ir monochromatoriaus apšvietimas.

Literatūra

1. Astrauskienė N. ir kt. Elektromagnetizmas. Banginė ir kvantinė optika. Atomo, branduolio ir puslaidininkių fizika. Laboratoriniai darbai. Vilnius, Technika, 1997.
2. V. A. Šalna. Optikos laboratoriniai darbai. Vilnius, VU leidykla, 2009. (www.mopl.bfsk.ff.vu.lt)