

15. POLIARIZACIJOS PLOKŠTUMOS SUKIMO TYRIMAS POLIARIMETRU

Užduotys

1. Nustatyti tirpalo ir kvarco plokštelės poliarizacijos plokštumos savitojo sukimo priklausomybę nuo bangos ilgio.
2. Nustatyti tirpalo koncentraciją.

Teorija

Svarbi medžiagų optinė savybė yra *optinis aktyvumas*, t. y. gebėjimas sukti šviesos poliarizacijos plokštumą. Tuo pasižymi kai kurie kristalai (kvarcas, Islandijos špatas), skysčiai (terpentinas, nikotinas), optiškai aktyvių medžiagų (cukraus, vyno rūgšties) tirpalai.

Kietuosiuose kūnuose poliarizacijos plokštumos sukimo kampas φ proporcingas šviesos nueitam keliui d medžiagoje:

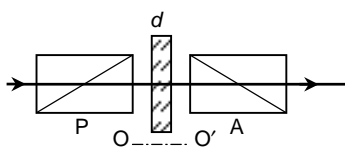
$$\varphi = \alpha d ;$$

čia α – koeficientas, vadinamas *savituoju poliarizacijos plokštumos sukimu*, priklausantis nuo medžiagos prigimties, temperatūros, šviesos bangos ilgio.

Tirpaluose poliarizacijos plokštumos sukimo kampas išreiškiamas taip:

$$\varphi = \alpha' c d ;$$

čia c – tirpalo koncentracija, α' – savitasis poliarizacijos plokštumos sukimas – tai kampas, kuriuo pasukama šviesos bangos poliarizacijos plokštuma, kai šviesa pereina pro vienetinės koncentracijos vienetinio ilgio tirpalo sluoksnį.



15.1 pav. Optinio aktyvumo tyrimo schema

Panagrinęsime kristalų optinį aktyvumą. Tarkime, kad lygiagretus monochromatinis šviesos pluoštelis, poliarizuotas poliarizatoriumi P (15.1 pav.), krinta į plokštelę, išpjautą iš kristalinio kvarco statmenai jo optinei ašiai OO'. Žinoma, kad išilgai optinės ašies sklindanti šviesa nepatiria dvejopo spindulių lūžio, todėl analizatorius A, sukryžiuotas su poliarizatoriumi P, neturėtų praleisti šviesos. Tačiau ji vis tik pereina pro analizatorių. Kad nepraeitų, analizatorių A reikia pasukti tam

tikru kampu. Tai reiškia, kad kristalą perėjusi šviesa išlika tiesiai poliarizuota, bet poliarizacijos plokštuma pasisuka. Keičiant šviesos bangos ilgį kinta posūkio kampai – pasireiškia *optinio aktyvumo dispersija*.

Lydytam kvarcui (amorfiniam) optinis aktyvumas nebūdingas. Tačiau jei amorfinės medžiagos suka poliarizacijos plokštumą, jos ir kristalinės būsenos yra optiškai aktyvios. Optinį aktyvumą lemia molekulių struktūra ir jų išsidėstymas kristalo gardelėje.

Polarizacijos plokštumos sukimą pirmasis aiškino Frenelis, kuris teigė, kad šis reiškinys yra ypatingas dvejetainio spindulių lūžio atvejis. Pasak jo, šviesos sklidimo greitis optiškai aktyviose medžiagose yra skirtingas dešininės ir kairinės apskritiminės polarizacijos bangoms ($v_d \neq v_k$). Pagal tai optiškai aktyviosios medžiagos skirstomos į dešininį sukimo ($v_d > v_k$) ir kairinio sukimo ($v_d < v_k$).

Galima teigti, kad tiesiai polarizuota šviesos banga yra dviejų – kairinės ir dešininės apskritiminės polarizacijos bangų, turinčių vienodą periodą bei amplitudę, suma. Tarkime, kad kairinės ir dešininės polarizacijos bangų visuma ekvivalenti polarizuotajai šviesai su AA' linijomis virpesiais (15.2 a pav.), t. y. besisukantys šviesos bangos elektriniai vektoriai yra simetriški plokštumos AA' atžvilgiu. Kokia šių vektorių orientacija kuriam nors optiškai aktyvios terpės taške? Kai $v_d > v_k$, kairioji banga į tą tašką ateina atsilikusi. Nagrinėjame tašką dešinėsios bangos elektrinis vektorius pasuktas į dešinę labiau negu kairiosios bangos (15.2 b pav.). Kad atstojamasis virpesys liktų tiesiai polarizuotas, simetrijos plokštumą reikia pasukti kampu φ taip, kad $\varphi_d - \varphi = \varphi_k + \varphi$ arba $\varphi = (\varphi_d - \varphi_k)/2$.

Norint įvertinti polarizacijos plokštumos sukimą, reikia užrašyti elektrinio vektoriaus pasukimo kampus, kaip laiko t ir šviesos nueito terpėje kelio z funkcijas:

$$\varphi_d = \omega\left(t - \frac{z}{v_d}\right), \quad \varphi_k = \omega\left(t - \frac{z}{v_k}\right);$$

čia $v_d = c/n_d$, $v_k = c/n_k$.

Polarizacijos plokštumos sukimo kampas gilyje $z = d$:

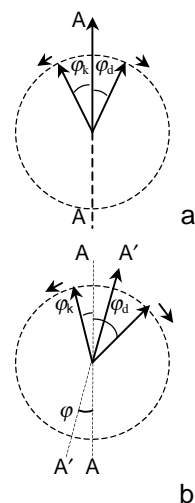
$$\varphi = \frac{\varphi_d - \varphi_k}{2} = \frac{\omega d}{2c} (n_k - n_d).$$

Kadangi $\omega/c = 2\pi/\lambda c = 2\pi/\lambda_0$, tai

$$\varphi = \pi d (n_k - n_d)/\lambda_0.$$

Medžiagoms, kurių $n_k > n_d$, posūkis yra dešininis, o kurioms $n_k < n_d$ – kairinis.

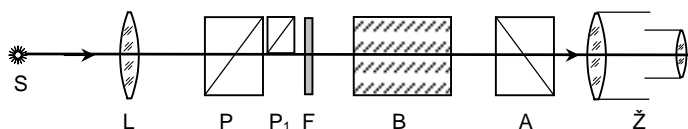
Frenelio teorija paaiškina polarizacijos plokštumos sukimą, bet neatsako į klausimą, kodėl bangų sklidimo greičiai yra skirtingi. Pagal molekulinę teoriją, sukimą lemia optiškai aktyvios medžiagos asimetrinė struktūra.



15.2 pav. Polarizacijos plokštumos sukimas

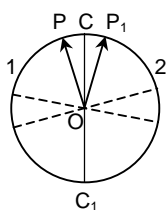
Tyrimas

Poliarizacijos plokštumos sukimas tiriamas poliarimetru, kurio optinė schema pavaizduota 15.3 pav. Poliarimetrą sudaro spinduoelis (S), lygiagrečių spindulių pluoštą sukuriantis lęšis



15.3 pav. Poliarimetro optinė schema

(L), šviesos filtras (F), poliarizatoriai (P) ir (P_1), analizatorius (A), stebėjimo žiūronas (Ž) ir tiriamasis bandinys (B). Analizatorių galima sukinti apie sistemos optinę ašį. Sukimo kampas matuojamas pagal apskritą skalę su nonijum. Poliarizatorius P_1 užima tik pusę regimojo lauko ir dalija jį į dvi dalis. Laukas stebimas pro žiūroną. Poliarizatoriai P ir P_1 pasukti taip, kad jų pagrindinės plokštumos tarp savęs sudaro nedidelį (apie 5°) kampą. Tada



15.4 pav. Regėjimo laukas

viena lauko pusė C_1C_1 apšviesta spindulių, kurių E virpa kryptimi OP (15.4 pav.), o antroji C_2C_1 – spindulių, kurių E virpa kryptimi OP_1 . Kampas POP_1 yra lygus kampui tarp poliarizatorių P ir P_1 pagrindinių plokštumų. Kai tokie spinduliai pereina analizatorių, kurio pagrindinė plokštuma statmena OP , tai laukas C_1C_1 neapšviestas, o laukas C_2C_1 iš dalies apšviestas. Priešingas vaizdas yra tada, kai analizatoriaus pagrindinė plokštuma statmena kryptčiai OP_1 . Abi lauko pusės vienodai apšviestos, kai analizatoriaus pagrindinė plokštuma statmena arba lygiagreti su linkme CC_1 .

Įstatomas vienas iš šviesos filtrų ir analizatorius sukamas tiek, kad abi lauko pusės būtų vienodai apšviestos. Užrašoma kampo φ_1 vertė. Po to į poliarimetrą įdedamas tiriamasis bandinys B. Analizatorius sukamas tiek, kad abi lauko pusės vėl būtų vienodai apšviestos. Užrašoma kampo φ_2 vertė.

Matavimai kartojami kelis kartus.

Nustatomas poliarizacijos plokštumos sukimo kampas $\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|$ ir pagal atitinkamas formules apskaičiuojamas savitasis poliarizacijos plokštumos sukimas.

Nustatomas savitasis sukimas naudojant ir kitus filtras. Nubrėžiami savitojo poliarizacijos plokštumos sukimo nuo bangos ilgio priklausomybės grafikai.

Kai žinomas savitasis medžiagos sukimas, išmatavus poliarizacijos plokštumos pasukimo kampą galima nustatyti nežinomą tirpalo koncentraciją.