

20 darbas

POLIARIZACIJOS PLOKŠTUMOS SUKIMO TYRIMAS POLIARIMETRU

Užduotys

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

Teorija (Papildomai žr.19 darbą “Poliarizuotosios šviesos tyrimas”)

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 rūgštis) 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 reiškiamas taip:

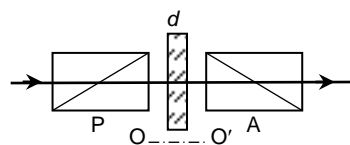
$$\varphi = \alpha' c d ;$$

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.

Panagrinėsime kristalų optinį aktyvumą.

Tarkime, kad lygiagretus monochromatinis šviesos pluoštelis, poliarizuotas poliarizatoriumi P (20.1 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 pro kristalą perėjusi šviesa išlika tiesiai poliarizuota, bet poliarizacijos plokštuma pasisuka.

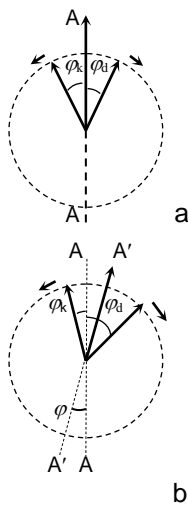


20.1 pav. Optinio aktyvumo tyrimo schema

Keičiant šviesos bangos ilgį kinta sūkio 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.

Poliarizacijos plokštumos sukimą pirmasis aiškino Frenelis, kuris teigė, kad šis reiškinys yra ypatingas dvejojo spindulių lūžio atvejis. Pasak jo, šviesos sklidimo greitis optiškai aktyviose medžiagose yra skirtingas dešinės ir kairinės apskritinės poliarizacijos bangoms ($v_d \neq v_k$). Pagal tai optiškai aktyviosios medžiagos skirstomos į dešini sukimo ($v_d > v_k$) ir kairinio sukimo ($v_d < v_k$).



20.2 pav. Poliarizacijos plokštumos sukimas

Galima teigti, kad tiesiai poliarizuota šviesos banga yra dviejų – kairinės ir dešinės apskritinės poliarizacijos bangų, turinčių vienodą periodą bei amplitudę, suma. Tarkime, kad kairinės ir dešinės poliarizacijos bangų visuma ekvivalenti poliarizuotajai šviesai su AA linkmės virpesiais (20.2 a pav.), t. y. besisukantys šviesos bangos elektriniai vektoriai yra simetriški plokštumos AA atžvilgiu. Kokia šių vektorių orientacija kuriame nors optiškai aktyvios terpės taške? Kai $v_d > v_k$, kairioji banga į tą tašką ateina atsilikusi. Nagrinėjamame taške dešinėsios bangos elektrinis vektorius pasuktas į dešinę labiau negu kairiosios bangos (20.2 b pav.). Kad atstojamasis virpesys liktų tiesiai poliarizuotas, simetrijos plokštumą reikia pasukti kampu φ taip, kad $\varphi_d - \varphi = \varphi_k + \varphi$ arba $\varphi = (\varphi_d - \varphi_k)/2$.

Norint įvertinti poliarizacijos plokštumos sukimą, reikia užrašyti elektrinio vektoriaus sūkio 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 $v_d = c/n_d$, $v_k = c/n_k$.

Poliarizacijos plokštumos sūkio kampas gylyje $z = d$:

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

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

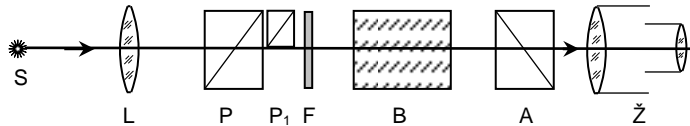
$$\varphi = \pi d (n_k - n_d)/\lambda_0.$$

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

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

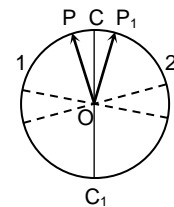
Tyrimas

Poliarizacijos plokštumos sukimas tiriamas poliarimetru, kurio optinė schema pavaizduota 20.3 pav. Poliarimetrą sudaro spinduolis S, lygiagrečių spindulių pluoštą



20.3 pav. Poliarimetro optinė schema

sukuriantis lęšis L, šviesos filtras F, poliarizatoriai P ir P₁, analizatorius A, stebėjimo žiūronas Ž. B – tiriamasis bandinys. Analizatorių galima sukinti apie sistemos optinę ašį. Sukimo kampas matuojamas pagal apskritą skalę su nonijum. Poliarizatorius P₁ užima tik pusę matymo lauko ir dalija jį į dvi dalis. Laukas stebimas pro žiūroną. Poliarizatoriai P ir P₁ pasukti taip, kad jų pagrindinės plokštumos tarp savęs sudaro nedidelį (apie 5°) kampą. Tada viena lauko pusė C₁C₁ apšviesta spindulių, kurių **E** virpa kryptimi OP (20.4 pav.), o antroji C₂C₁ – spindulių, kurių **E** virpa kryptimi OP₁. Kampas POP₁ yra lygus kampui tarp poliarizatorių P ir P₁ pagrindinių plokštumų. Kai tokie spinduliai pereina pro analizatorių, kurio pagrindinė plokštuma statmena OP, tai laukas C₁C₁ neapšviestas, o laukas C₂C₁ iš dalies apšviestas. Priešingas vaizdas yra tada, kai analizatoriaus pagrindinė plokštuma statmena kryptčiai OP₁. Abi lauko pusės bus vienodai apšviestos, kai analizatoriaus pagrindinė plokštuma statmena arba lygiagreti su linkme CC₁.



20.4 pav. Matymo laukas

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 sūkio kampas $\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|$ ir pagal atitinkamas formules skaičiuojamas savitasis poliarizacijos plokštumos sukimas.

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

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