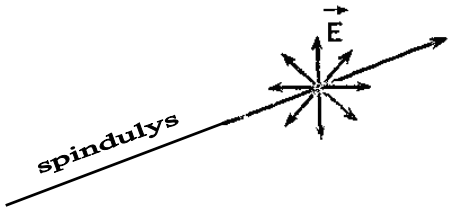
ŠVIESOS POLIARIZACIJA

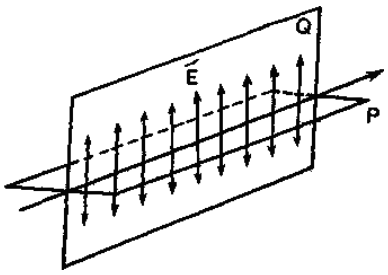
MALIU DĖSNIO PATIKRINIMAS

Šviesa yra trumpos elektromagnetinės bangos. Elektromagnetinę bangą, išspinduliuotą atskiro atomo, sudaro tarp savęs statmenų elektrinio lauko stiprio *E* ir magnetinės indukcijos *B* vektorių virpėjimų sklidimo procesus. Šie vektoriai statmeni tarp savęs ir statmeni spindulio sklidimo krypčiai. Toliau, kalbėdami apie šviesos bangose vykstančius virpėjimus, turėsime mintyje tik vektoriaus *E* virpėjimus. 1 pav. pavaizduota vektoriaus *E* virpėjimai (vektoriai vaizduoja virpėjimų amplitudės).

Jei įvairiuose erdvės taškuose išilgai šviesos spindulio visi vektoriai *E* virpa vienoje plokštumoje, tai tokią šviesą vadiname *tiesiai poliarizuota šviesa* (2 pav.). *Plokštuma Q, kurioje vyksta poliarizuoto spindulio elektrinio lauko vektoriaus E virpėjimai, vadinama poliarizacijos plokštuma.*



1 pav.



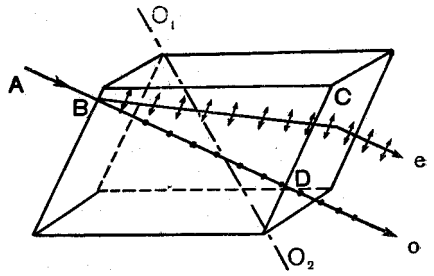
2 pav.

Kadangi kiekvienas šviesos šaltinis susideda iš daugelio atomų, tai jų spinduliuojamos šviesos bangų svyravimų plokštumos yra orientuotos įvairiomis kryptimis. Kai vektoriaus E orientacija apie spindulį kinta netvarkingai, tai tokia šviesa vadinama natūralia.

Natūralios šviesos spindulį Islandijos špatas (kalcitas — $CaCO_3$) ir kiti kristalai suskaido į du spindulius, poliarizuotus tarp savęs statmenose plokštumose. Šį reiškinį vadiname *dvigubu šviesos lūžiu.*

Islandijos špatas (3 pav.) kristalizuojasi rombinėje sistemoje (romboedras). Iš jo lengva išskelti romboedrus, kurių sieneles sudaro rombai su bukais $101^o52'$ ir smailais $78°08'$ kampais. Iš kristalo aštuonių erdvinių kampų yra du erdviniai kampai O_1 ir O_2, kurių kiekvieną sudaro trys buki kampai. Tų erdvinių kampų viršūnes O_1 ir O_2 jungianti tiesė O_1O_2 vadinama *kristalografine ašimi.* Kiekviena kryptis, lygiagreti kristalografinei ašiai,

vadinama kristalo *optine ašimi.* Plokštuma, išvesta per optinę ašį ir kritusį spindulį, vadinama *vyriausiojo pjūvio plokštuma.*



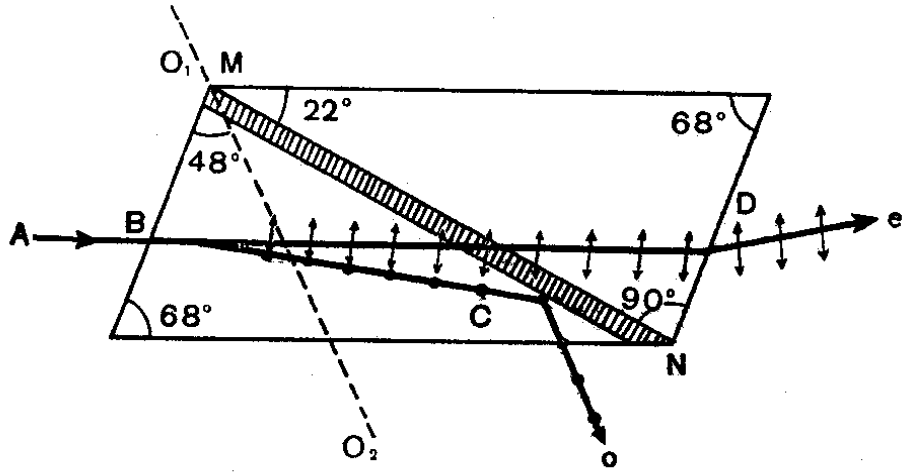
3 pav.

Šviesos spindulys *AB* (3 pav.), kritęs statmenai į kristalo sienelę ir pereidamas kristalą, išsiskaido į du spindulius. Vienas iš jų *ABDo* sklinda pirminio spindulio kryptimi ir vadinamas *paprastuoju, arba ordinariniu (o) spinduliu.* Antrasis taške *B* lūžta, o išėjęs iš kristalo eina lygiagrečiai *ABDo* spinduliui ir vadinamas *nepaprastuoju, arba ekstraordinariniu (e) spinduliu.* Islandijos špato kristale paprastojo spindulio lūžio rodiklis n_0 = 1,658, o nepaprastojo n_e priklauso nuo spindulio kritimo krypties ir kinta nuo 1,486 iki 1,658. Optinės ašies linkme abiejų spindulių lūžio rodikliai vienodi $n_0 = n_e = 1{,}658$ ir neturime dvigubo lūžio. Kristalai, turintys tik vieną optinę ašį, kurios kryptimi krintant šviesai neįvyksta dvigubas lūžis, vadinami *vienaašiais kristalais.* Islandijos špatas yra vienaašis kristalas. Dviašiuose kristaluose yra dvi kryptys, kuriomis, krintant šviesai, neįvyksta dvigubas lūžis. Optinei ašiai statmena linkme Islandijos špato $n_e = 1{,}486$. Iš čia darome išvadą, kad nepaprastojo spindulio didžiausias greitis Islandijos špato kristale yra optinei ašiai statmena linkme $\left(\upsilon = \frac{c}{n_e}\right)$, o mažiausias — optinės ašies linkme ir lygus paprastojo spindulio greičiui kristale. *Abu spinduliai yra tiesiai poliarizuoti statmenose plokštumose.* Paprastojo spindulio vektoriaus *E* virpėjimai yra statmeni vyriausiojo pjūvio plokštumai (3 pav. pavaizduota taškais). Nepaprastojo spindulio vektorius *E* virpa vyriausiojo pjūvio plokštumoje (3 pav. pavaizduota rodyklėmis).

Dvigubas šviesos lūžimo reiškinys pritaikomas tiesiai poliarizuotai šviesai gauti. Kadangi paprastas ir nepaprastas spinduliai, išėję iš kristalo, sklinda lygiagrečiai ir arti vienas kito, tai jiems išskirti gaminamos iš Islandijos špato *Nikolio prizmės,* kurios dažnai vadinamos *nikoliais.*

Islandijos špato natūraliam kristalui suteikiama tokia forma (4 pav.), kad jo ilgoji briauna būtų 3,75 kartų didesnė už trumpąją. Smailieji kampai sumažinami iki 68°. Tarp nikolio šoninių

briaunų ir kristalo optinės ašies yra 48° kampas. Toks kristalas perpjaunamas išilgai plokštumos *MN*, jungiančios bukus kampus ir statmenos nušlifuotiems galams.

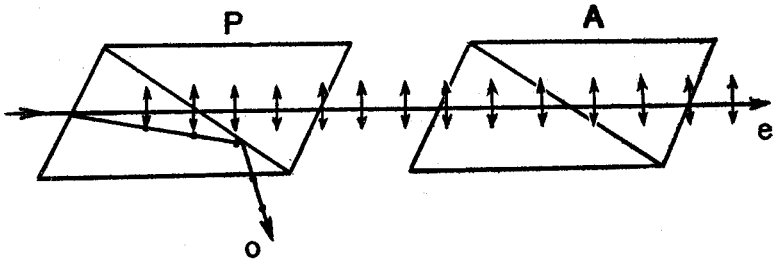


4 pav.

Po to šios plokštumos gerai nušlifuojamos ir suklijuojamos Kanados balzamu, kurio lūžimo rodiklis n_{kb} = 1,549. Natūralus spindulys *AB* taške *B* lūžta ir išsiskaido į du poliarizuotus spindulius - paprastą *BC* ir nepaprastą *BD*. Paprastajam spinduliui krintant iš Islandijos špato į Kanados balzamą kampu, didesniu už ribinį kampą, įvyksta visiškas vidaus atspindys, nes paprastajam spinduliui Islandijos špatas yra optiškai tankesnė aplinka negu Kanados balzamas $\left(n_{kb} \prec n_0 = 1,658\right)$. Paprastas spindulys nukrypsta į juodai dažyto vamzdžio, į kurį įstatytas nikolis, šoną ir sienelės absorbuojamas. Nepaprastas spindulys praeina Kanados balzamo sluoksnį kryptimi *BD*, nes nepaprastajam spinduliui Islandijos špatas yra optiškai retesnė aplinka negu Kanados balzamas $\left(n_{kb} \succ n_e = 1,515\right)$. Taip praėjęs nikolį, nepaprastas spindulys yra griežtai tiesiai poliarizuotas ir jo vektoriaus *E* virpėjimai vyksta vyriausiojo pjūvio plokštumoje. Nors kristalas beveik visai skaidrus, išėjusio spindulio intensyvumas tesudaro tik 50% į nikolį kritusio natūralaus spindulio intensyvumo.

Šviesos poliarizacijos reiškiniui tirti paprastai vartojami du nikoliai, kurie padedami vienas paskui kitą ir per abu leidžiamas šviesos spindulys. Jeigu abiejų nikolių vyriausiojo pjūvio plokštumos lygiagretės (5 pav.), tai pirmame nikolyje poliarizuotas spindulys pereina ir per antrąjį nikolį, nes vektoriaus *E* svyravimai vyksta antrojo nikolio vyriausiojo pjūvio plokštumoje. Kai nikolių vyriausiojo pjūvio plokštumos statmenos, t. y. vienas nikolis pasuktas kito atžvilgiu 90° kampu (šiuo atveju sakoma, kad nikoliai yra sukryžiuoti), šviesa per antrąjį nikolį nepereina. Mat, pirmojo nikolio poliarizuoto spindulio vektoriaus *E* virpėjimai statmeni

antrojo nikolio vyriausiojo pjūvio plokštumai. *Pirmasis nikolis, poliarizuojantis natūralią šviesą, vadinamas poliarizatoriumi (žymimas P), antrasis – analizatoriumi (žymimas A).*

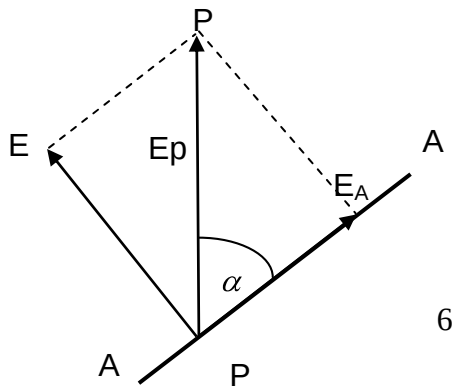


5 pav.

Kai poliarizatoriaus vyriausiojo pjūvio plokštuma *PP* ir analizatoriaus vyriausiojo pjūvio plokštuma *AA* sudaro kampą α (6 pav.), per analizatorių *A* perėjusios šviesos intensyvumą surandame išskaidę į jį krintančios poliarizuotos šviesos elektrinio lauko stiprumo amplitudę E_p į du vienas kitam statmenus komponentus E_A ir *E*. Svyravimai, statmeni *AA* krypčiai, per analizatorių nepereina. Iš 6 pav. matyti, kad per analizatorių *A* praėjusių virpesių amplitudė

$$E_A = E_p \cdot \cos\alpha\,. \qquad (1)$$

Per analizatorių A perėjusios šviesos intensyvumas I proporcingas svyravimų amplitudės E_A kvadratui.



6 pav.

$$I = I_0 \cos^2\alpha. \qquad (2)$$

Maliu dėsnis žodžiais nusakomas taip: *šviesos, perėjusios per analizatorių, intensyvumas I yra lygus perėjusios per poliarizatorių P šviesos intensyvumui, padaugintam iš kosinuso kvadrato kampo tarp analizatoriaus A ir poliarizatoriaus P vyriausiojo pjūvio plokštumų.*

Iš Malio dėsnio matyti, kad, esant sukryžiuotiems nikoliams (a = 90°), per analizatorių *A* šviesa nepereina ($I = 0$). Kai poliarizatoriaus *P* ir analizatoriaus *A* vyriausiųjų pjūvių plokštumos lygiagretės (α = 0), perėjusios per analizatorių *A* šviesos intensyvumas yra didžiausias ($I = I_0$).

Reiškinys, kai einant šviesai per kai kuriuos kristalus gaunamas dvigubas lūžimas ir kai vienas iš

spindulių sugeriamas, vadinamas *dichroizmu.* Labai stipriu dichroizmu pasižymi turmalino ir gerapatito kristalai. 1 mm storio turmalino plokštelė beveik visiškai sugeria paprastus ir praleidžia nepaprastus spindulius. O gerapatito kristaliukai net 0,1 mm storio kelyje visai sugeria vieną iš dvigubo lūžimo spindulių (gerapatitas yra jodo chinino sulfatas). Užtat jis ir naudojamas poliaroidams gaminti.

Poliaroidą sudaro skaidri celiulioidinė 0,1 mm storio plėvelė, kurioje taisyklingai išdėstytas didelis skaičius smulkių gerapatito kristaliukų - poliarizatorių. Visų kristaliukų optinės ašys orientuotos viena kryptimi poliaroido gamybos metu. Poliaroidas yra nebrangus, elastingas, galima pagaminti įvairaus didumo paviršių.

MALIU DĖSNIO PATIKRINIMAS

7 pav. pavaizduoti du poliaroidai: poliarizatorius P ir analizatorius *A*. Iš šviesos šaltinio *S* sklinda natūralios šviesos spindulys, kuris, perėjęs per poliarizatorių *P*, yra tiesiai poliarizuotas. Analizatorius *A* gali praleisti tik tuos svyravimus, kurių kryptis sutampa su jo vyriausiojo pjūvio plokštuma *AA.* Jei poliarizatoriaus *P* ir analizatoriaus *A* vyriausiojo pjūvio plokštumos *(PP* ir *AA)* lygiagretės, tai per analizatorių *A* perėjusios šviesos intensyvumas yra pats didžiausias. Kai poliaroidų vyriausiojo pjūvio plokštumos yra statmenos (poliaroidai sukryžiuoti), perėjusios per analizatorių *A* šviesos intensyvumas lygus nuliui. Malio dėsnį galima užrašyti taip:

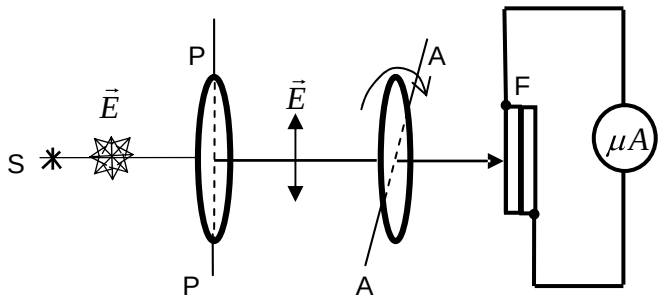
$$\frac{I}{I_0} = \cos^2 \alpha. \qquad (3)$$

Per analizatorių perėjusi šviesa seleninio fotoelemento *F* (7 pav.) grandinėje sukuria srovę *i*, kuri proporcinga šviesos intensyvumui *I*. Todėl (3) išraiškoje pakeitę *I* ir I_0 fotosrovėmis *i* ir i_0, gauname:

$$\frac{i}{i_0} = \cos^2 \alpha, \qquad (4)$$

čia i_0 yra maksimali fotosrovė, kai $\alpha = 0$. Vadinasi, jei santykis $\frac{i}{i_0}$ kinta nuo kampo α kaip ir $\cos^2 \alpha$, tai Malio dėsnis teisingas.

7 pav.



Darbo priemonės:

1. Du poliaroidai *P ir A.* 2. Seleninis fotoelementas *F*. 3. Mikroampermetras.

Darbo eiga. 1. Šviesos šaltinį *S* (7 pav.) pastatome darbų vadovo nurodytame nuotolyje; pasukame analizatorių *A* poliarizatoriaus *P* atžvilgiu taip, kad α = 90° (poliaroidai sukryžiuoti) ir atskaitome fotosrovę i_f. Idealiu atveju -i_f turėtų būti lygi nuliui, tačiau praktiškai ir sukryžiuoti poliaroidai praleidžia tam tikrą šviesą.

2. Analizatorių *A* pasukame poliarizatoriaus *P* atžvilgiu taip, kad a = 0° ir atskaitoma fotosrovę $i_0^{/}$; atėmę i_f, gauname $i_0 = i'_0 — i_f$ (i_0 bandymo metu nekinta).

3. Sukdami analizatorių *A*, kai α = 10°, 20°, ... , 180°, kiekvieną kartą atskaitę fotosrovę i', randame $i = i^{/} - i_f$ ir rodmenis užrašome 1 lentelėje.

4. Toje pačioje stačiakampėje koordinačių sistemoje pavaizduojame tyrimo būdu nustatytą santykio $\frac{i}{i_0}$ ir $\cos^2\alpha$ priklausomybę nuo α; (eksperimentinius ir teorinius taškus žymėkite skirtingais ženklais).

1 lentelė

α^0	$i_0\left(\mu A\right)$	$i\left(\mu A\right)$	$\frac{i}{i_0}$	α^0	$i\left(\mu A\right)$	$\frac{i}{i_0}$
0				180		
10				170		
20				160		
30				150		
40				140		
50				130		
60				120		
70				110		
80				100		
90				90		

α^0	$\cos^2\varphi$	α^0
0	1,000	180
10	0,970	170
20	0,884	160
30	0,752	150
40	0,588	140
50	0,414	130
60	0,250	120
70	0,117	110
80	0,030	100
90	0,000	90

KONTROLINIAI KLAUSIMAI

1. Paaiškinkite, kuo skiriasi natūrali šviesa nuo poliarizuotos.
2. Ką vadiname poliarizacijos plokštuma?
3. Paaiškinkite dvigubą šviesos lūžimą.
4. Paaiškinkite spindulių eigą Nikolio prizmėje.
5. Paaiškinkite poliarizatoriaus ir analizatoriaus vaidmenį.
6. Užrašykite ir nusakykite žodžiais Malio dėsnį.
7. Ar atliktame darbe galioja Maliu dėsnis?

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.