

## 4. PRIZMĖS CHARAKTERISTIKŲ NUSTATYMAS

### Užduotys

1. Išmatuoti prizmės laužiamąjį kampą.
2. Išmatuoti spindulių mažiausio nuokrypio kampus atskiroms spektrinėms linijoms.
3. Apskaičiuoti prizmės lūžio rodiklį įvairiems bangos ilgiams.
4. Apskaičiuoti prizmės dispersiją ir skiriamąją gebą.

### Teorija

Spektriniuose prietaisuose prizmė arba prizmių sistema baltąjį šviesos pluoštelį išskaido į monochromatines dedamąsias. Yra keletas prizmių ir jų sistemų tipų: paprastoji trikampė, tiesaus matymo, pastovaus nuokrypio ir kitos prizmės bei jų sistemos. Visų sudėtingų prizmių sistemų pagrindinė sudedamoji dalis yra paprastoji trikampė prizmė.

Tarkime, kad į trikampę prizmę ABC kampu  $\alpha_1$  krinta monochromatinis spindulys (4.1 pav.). Prizmės medžiagos lūžio rodiklis

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \beta_2}.$$

Įeidamas į prizmę ir iš jos išeidamas, šviesos spindulys lūžta artėdamas prie jos pagrindo BC. Kampas  $\theta$  tarp į prizmę kritusio spindulio ir iš jos išėjusio vadinasi spindulio nuokrypio kampu. Kai spindulys į prizmę įeina ir iš jos išeina simetriškai, t. y. kai  $\alpha_1 = \alpha_2$  ir  $\beta_1 = \beta_2$ , jis mažiausiai nukrypsta nuo pirminės sklidimo krypties. Kampas  $\theta$  vadinamas *mažiausio nuokrypio kampu*, kuris pagal 4.1 pav. išreiškiamas taip:

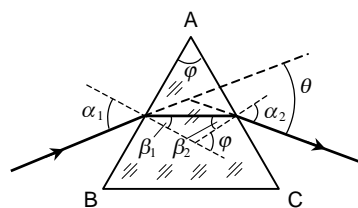
$$\theta = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2) = 2(\alpha_1 - \beta_1).$$

Virš prizmės pagrindo esantis kampas  $\varphi$  vadinamas *prizmės laužiamuoju kampu*, kuris išreiškiamas taip:

$$\varphi = 2\beta_1.$$

Spindulių mažiausio nuokrypio kampas

$$\theta = 2\alpha_1 - \varphi.$$



4.1 pav. Spindulio eiga trikampėje prizmėje

Iš čia

$$\alpha_1 = \frac{\theta + \varphi}{2} .$$

Kadangi  $\beta_1 = \varphi/2$ , prizmės medžiagos lūžio rodiklis išreiškiamas taip:

$$n = \frac{\sin \frac{\theta + \varphi}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} . \quad (4.1)$$

Jei į prizmę krinta lygiagretus baltosios šviesos pluoštelis, kurį sudaro daug monochromatinių spindulių, įvairaus ilgio bangos prizmėje sklinda nevienodomis kryptimis, t. y. baltosios šviesos pluoštelis prizmėje išsiskaido į monochromatines dedamąsias. Aišku, kad mažiausiai nukrypsta tik viena kuri nors banga, būtent ta, kuri tenkina (4.1) sąlygą. Jeigu  $\lambda_1$  ilgio banga atlenkiama kampu  $\theta_1$ , o  $\lambda_2$  ilgio banga – kampu  $\theta_2$ , tai skirtumas  $d\theta = \theta_1 - \theta_2$  nusako prizmės dispersiją tam tikrame bangų ilgių ruože  $d\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$ . Santykis  $d\theta/d\lambda$  vadinamas prizmės *kampine dispersija*, kuri išreiškiama taip:

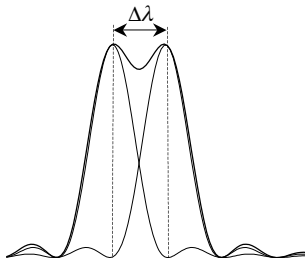
$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{2 \sin \frac{\varphi}{2}}{\sqrt{1 - n^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}} \frac{dn}{d\lambda} ; \quad (4.2)$$

čia dydis  $dn/d\lambda$  yra prizmės medžiagos dispersija. Ją galima nustatyti iš grafiko, jei žinomi prizmės medžiagos lūžio rodikliai įvairaus ilgio bangoms. Medžiagos dispersiją galima apskaičiuoti ir analiziniu būdu, jei žinoma funkcija  $n = f(\lambda)$ .

Spekto linija – tai monochromatinis plyšio atvaizdas, kurį sudaro baigtinio pločio juostelė net ir tuo atveju, kai plyšys yra nykstamai siauras. Vienos linijos difrakcinį vaizdą dengia kitos linijos difrakcinis vaizdas. Linijų išskyrimo galimybę nusako atstumas tarp difrakcinių maksimumų. Dž.Reilis (*J.Rayleigh*) pateikė tokią sąlygą: dvi artimos vienodo intensyvumo spektro linijos gali būti išskirtos tada, kai vienos spektro linijos pagrindinis maksimumas yra ne arčiau antrosios linijos pirmojo difrakcinio minimumo (4.2 pav.). Tada viduryje tarp linijų atstojamasis intensyvumas tesiekia 80 % maksimalaus. Tokio intensyvumų skirtumo jau pakanka išskirti šias dvi linijas.

Kampinį nuotolį  $\Delta\theta$  tarp tokių linijų galima nustatyti žinant prizmės kampinę dispersiją:

$$\Delta\theta = \frac{d\theta}{d\lambda} \Delta\lambda . \quad (4.3)$$



4.2 pav. Intensyvumo skirstinys dar išskiriamose spektro linijose

Kampą  $\Delta\theta$  tarp dviejų vos išskiriamų linijų galima išreikšti iš difrakcijos viename plyšyje pirmojo minimumo sąlygos:

$$h \sin(\Delta\theta) = \lambda .$$

Kadangi kampas  $\Delta\theta$  yra mažas, tai

$$\Delta\theta = \lambda / h ; \quad (4.4)$$

čia  $h$  – šviesos pluoštelio skerspjūvio skersmuo, kuris vadinamas *prizmės efektine anga* (4.3 pav.). Šviesos pluoštelio difrakcija vyksta tarpės vienalytiškumo pažeidimo vietose, t. y. prizmės briaunose.

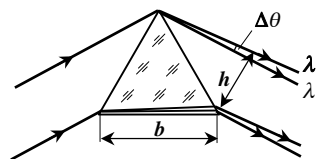
Iš (4.3) ir (4.4) formulių išreiškiamas santykis:

$$\frac{\lambda}{h} = \frac{d\theta}{d\lambda} \Delta\lambda .$$

Kadangi *skiriamoji geba*  $R$  yra vidutinio bangos ilgio  $\lambda = (\lambda_1 + \lambda_2)/2$  ir vos išskiriamų spektro linijų bangos ilgių skirtumo  $\Delta\lambda = (\lambda_1 - \lambda_2)$  dalmuo, tai

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = \frac{d\theta}{d\lambda} h = b \frac{dn}{d\lambda} ;$$

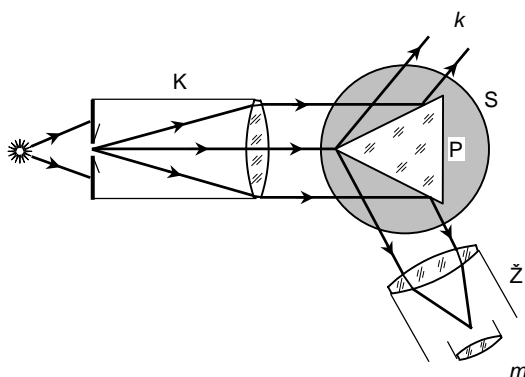
čia  $b$  – prizmės pagrindo ilgis.



4.3 pav. Spindulių lūžis ir difrakcija prizmėje

### Tyrimas

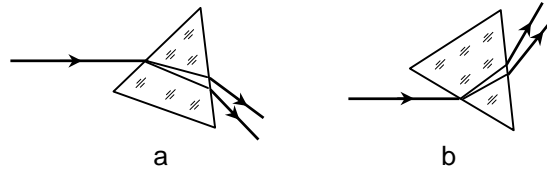
Matuojant **prizmės laužiamąjį kampą** apšviečiamas kolimatoriaus K plyšys (4.4 pav.) ir ant goniometro stalelio S vidurio dedama prizmė P. Jos laužiamasis kampas atsukamas prieš kolimatorių. Žiūronu Ž stebimas nuo prizmės sienelės atsispindėjęs spindulių pluoštelis, sukuriantis plyšio atvaizdą. Žiūrono siūlų sankirta nustatoma ties plyšio atvaizdo viduriu ir užrašomas goniometro atskaitos skalės rodmuo  $m$ . Po to žiūronas sukamas tol, kol pamatomas plyšio atvaizdas spindulių pluošteliai atsispindint nuo antrosios prizmės sienelės ir užrašomas skalės rodmuo  $k$ . Prizmės laužiamasis kampas



4.4 pav. Prizmės laužiamojo kampo nustatymo schema

$$\varphi = \frac{m - k}{2} .$$

Matuojant **mažiausio spindulių nuokrypio kampą**  $\theta$ , prizmė ant staliuko dedama taip, kaip pavaizduota 4.5 a pav. Iš kolimatoriaus išėję spinduliai krinta į prizmės sienelę, joje lūžta skirtingais kampais, priklausančiais nuo bangos ilgio, ir išėję iš prizmės nukrypsta prizmės pa-



4.5 pav. Spindulių mažiausio nuokrypio kampo matavimo schema

grindo link. Pro žiūroną matomi įvairių spalvų plyšio atvaizdai, t. y. spinduliuotės spektras. Goniometro staliukas su prizme ir žiūronas sukamas taip, kad kampas tarp kolimatoriaus ir žiūrono ašių mažėtų. Spekto linijos kartu su žiūronu slenka mažiausio nuokrypio link, o jį pasiekusios stabteli ir vėl grįžta atgal. Kiekvienai linijai reikia nustatyti tas padėtis, kai linijų slinkimo kryptis pakinta. Tada žiūrono siūlų sankirta nustatoma ties spektro linijos viduriu ir užrašomi goniometro atskaitos skalės rodmenys  $a_\lambda$ .

Pastačius prizmę taip, kaip pavaizduota 4.5 b pav., vėl nustatomi tų pačių spektro linijų mažiausi nuokrypiai ir užrašomi atitinkami rodmenys  $b_\lambda$ . Tada spindulių mažiausio nuokrypio kampas

$$\theta_\lambda = \frac{a_\lambda - b_\lambda}{2} .$$

Nustačius prizmės laužiamąjį kampą  $\varphi$  ir spindulių mažiausio nuokrypio kampus  $\theta_\lambda$ , pagal (4.1) formulę apskaičiuojamas prizmės medžiagos lūžio rodiklis  $n_\lambda$  įvairiems bangos ilgiams. Grafiškai pavaizduojama lūžio rodiklio priklausomybė nuo bangos ilgio tirtame spektro ruože. Naudojant šį grafiką apskaičiuojama prizmės medžiagos dispersija  $dn/d\lambda$  keliuose spektro ruožuose. Pagal (4.2) formulę apskaičiuojama prizmės kampinė dispersija  $d\theta/d\lambda$ , o išmatavus prizmės pagrindą  $b$  pagal (4.5) formulę – prizmės skiriamoji geba.