

LD7. ORO LŪŽIO RODIKLIO MATAVIMAI REILIO INTERFEROMETRU

Darbo tikslas

Matuojant Reilio interferometru išmokti nustatyti oro (dujų) lūžio rodiklį.

Užduotys

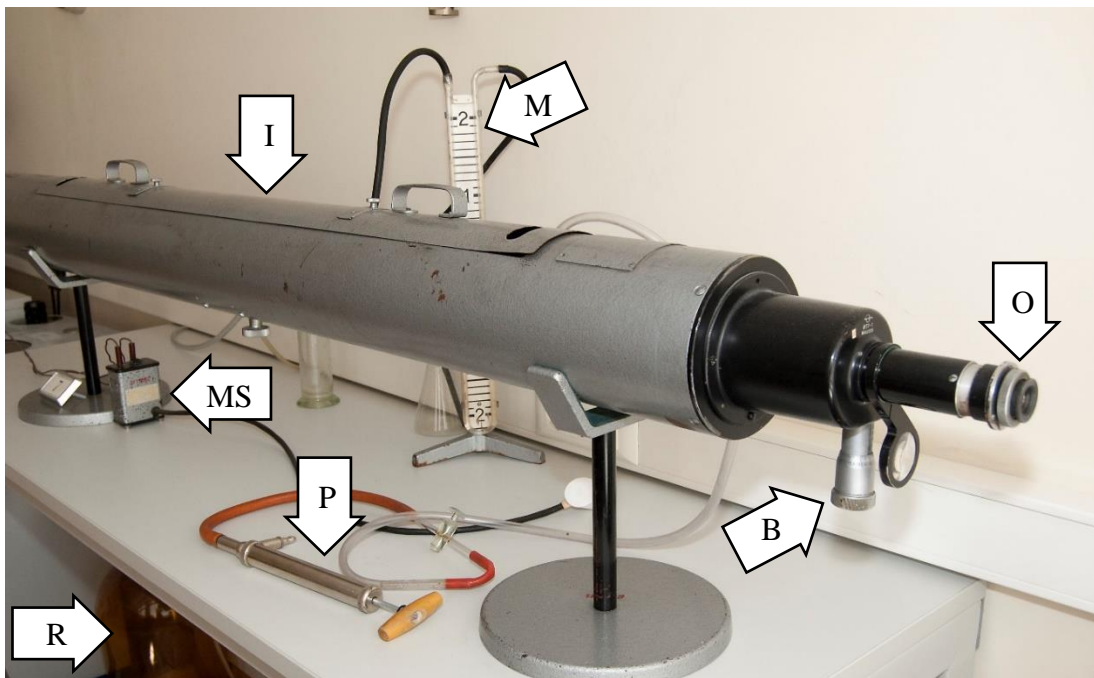
Išmatuoti oro lūžio rodiklį esant įvairiems jo slėgiams.

Teorinės temos

- Šviesos bangų interferencija, koherentiškumo sąlyga.
- Lūžio rodiklis.
- Interferometrai.

Darbo priemonės ir prietaisai

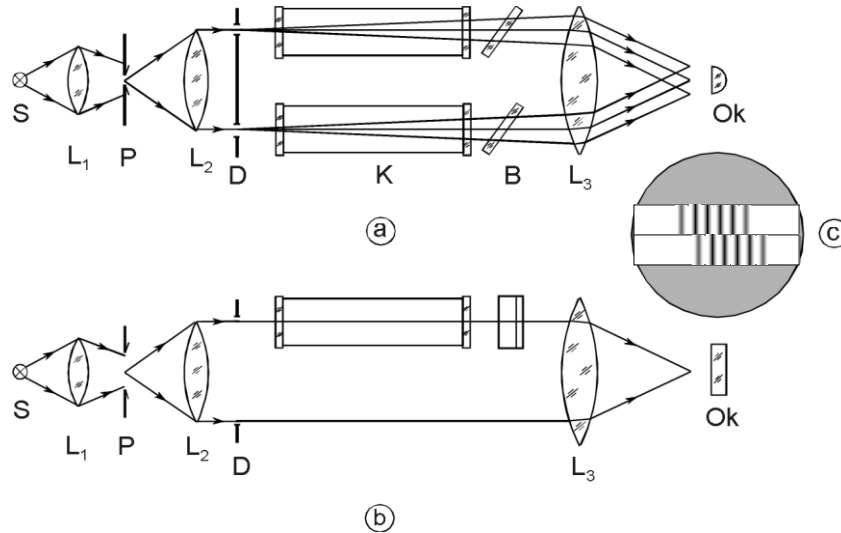
Reilio interferometras (I), okuliaras (O), interferometro mikrosraigto būgnas (B), manometras (M), prietaisas dujų slėgio keitimui (P), dujų rezervuaras (R), interferometro lemputės maitinimo šaltinis (MS) (1 pav.).



1 pav. Oro lūžio rodiklio tyrimo stendas.

Tyrimo metodika

Dauguma interferometrų šviesos pluoštelį dalija į du, kurie po to interferuoja. Šie prietaisai vadinami *dvispinduliniais interferometrais*. Vienas tokių yra Reilio (*Rayleigh*) interferometras dujų ir skysčių lūžio rodikliams matuoti.



2 pav. Reilio interferometro optinė schema
(a - vaizdas iš viršaus, b - vaizdas iš šono, c - vaizdas pro okuliarą)

Reilio interferometro optinė schema pavaizduota (2 pav.) Spindulio (S) šviesa krinta į siaurą plyšį (P), esantį kolimatoriaus objektyvo (L_2) židinio plokštumoje. Lygiagrečių spindulių pluoštelį, sklindantį iš objektyvo, du diafragmos (D) plyšiai dalija į dvi antrines koherentes šviesos bangas. Difragavę šviesos pluošteliai pereina pro dvi vienodas kiuvetes (K), surenkami objektyvu (L_3) židinio plokštumoje ir interferuoja. Kiuvetės užima tik viršutinę erdvės dalį tarp diafragmos (D) ir objektyvo (L_3). Pro apatinę dalį spinduliai sklinda šalia kiuvečių. Susidaro dvi interferencinių juostelių sistemos (2 c pav.), kurios matomos pro okuliarą (Ok). Atstumas tarp plyšių gana didelis ir interferencinės juostelės yra labai arti viena kitos. Jas reikia stebėti pro didinantį okuliarą.

Interferencijos maksimumų ir minimumų vieta priklauso nuo interferuojančiųjų pluoštelių optinio eigos skirtumo. Kadangi apatinę juostelių sistemą sukuriančių spindulių sklidimo pro interferometrą sąlygos nekinta, tai maksimumų ir minimumų vieta taip pat nekinta. Apatinė juostelių sistema yra nejudama ir gali būti atskaitos sistema, kurios atžvilgiu nagrinėjama viršutinė juostelių sistema.

Panagrinėsime viršutinę juostelių sistemą. Jei optinė sistema simetriška ir kiuvetėse esančių medžiagų lūžio rodikliai vienodi (pvz., oro slėgis abiejose kiuvetėse vienodas), tai viršutinės juostelių sistemos centre yra šviesi juostelė – nulinis maksimumas, spindulių optinių kelių skirtumas iki šio taško lygus nuliui $\Delta = l_n - l_n = 0$ (čia l – kiuvetės ilgis, n – oro lūžio rodiklis). Abiejose nulinio maksimumo pusėse yra tamsios juostelės – minimumai, kurie susidaro kai eigos skirtumas

$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$. Kitiems maksimumams $\Delta = \pm m\lambda$. Taigi kiekvienai interferencinei juostelei galima nustatyti jas sukuriančių bangų eigos skirtumus.

Jei vienoje kiuvetėje esančių dujų lūžio rodiklis pakinta, maksimumų ir minimumų vietos keičiasi. Viršutinė interferencinių juostelių sistema paslenkama. Tai įvyksta dėl spindulių optinių kelių skirtumo pokyčio:

$$\Delta_1 = ln_1 - ln = l(n_1 - n).$$

Žinant per kiek juostelių apatinės atžvilgiu paslenka viršutinė juostelių sistema, galima nustatyti, kuris interferencijos maksimumas atsiras centriniame taške, t. y. galima nustatyti spindulių, sukuriančių šį maksimumą, optinių kelių skirtumą. Jei vaizdas paslenkamas per k juostelių, tai centre atsiranda k maksimumas. Tada optinių kelių skirtumas

$$l(n_1 - n) = k\lambda.$$

Kiuvetėje esančių dujų lūžio rodiklis matuojamas kompensaciniu metodu. Pro kiuvetes einančių spindulių kelyje pastatytas kompensatorius (B) (2 pav.), kuris sudarytas iš dviejų pakreiptų gretasienių stiklo plokštelių. Viena plokštelė įtvirtinta nejudamai, o kitos polinkio kampą galima keisti. Dėl to kinta spindulių optinių kelių skirtumas ir viršutinė interferencinių juostelių sistema paslenkama. Viršutinės juostelių sistemos poslinkį, nulemtą dujų lūžio rodiklio pokyčio vienoje iš kiuvečių, galima kompensuoti mikrometriniu sraigtu atitinkamu kampu pasukus kompensacinę plokštelę.

Naudojamo interferometro mikrosraigto būgno padala atitinka optinių kelių skirtumo pokytį dydžiu $\lambda/30$. Skaičius „30“ reiškia, kad interferencijos eilė pakinta vienetu, kai mikrometrinis sraigtas pasukamas 30 padalų (šią vertę reikia patikrinti papildomais matavimais).

Jei k juostelių poslinkis atitinka N būgno padalų, tai susidaręs eigos skirtumas

$$\Delta_1 = N \lambda/30$$

ir lūžio rodiklių pokytis:

$$(n_1 - n) = \frac{N \lambda}{30 l}.$$

Kadangi Reilio interferometre spinduolis yra kaitrinė lemputė, tai vidutinis bangos ilgis λ yra 560nm.

Tyrimo metu vienoje interferometro kiuvetėje (etaloninėje) yra atmosferos slėgis. Antroji kiuvetė sujungta su įrenginiu, kuriuo galima keisti oro slėgį. Slėgių skirtumas kiuvetėse matuojamas U formos manometru, pripildytu skysčio (vandens). Žinant etaloninėje kiuvetėje esančių dujų lūžio rodiklį n , galima apskaičiuoti tiriamojoje kiuvetėje esančių dujų lūžio rodiklį

$$n_1 = n \pm \frac{N \lambda}{30 l} \quad (1)$$

ir ištirti jo priklausomybę nuo slėgio. Išraiškoje (1) „+“ ženklas rašomas tada, kai tiriamoje kiuvetėje dujų slėgis didesnis už atmosferos, o „-“ ženklas – kai mažesnis.

Dujų lūžio rodiklis priklauso nuo jų slėgio ir temperatūros:

$$n = 1 + \frac{n_0 - 1}{T} \cdot \frac{p_{\text{at}}}{p_0}; \quad (2)$$

čia $n_0 = 1,000292$ – oro lūžio rodiklis normaliomis sąlygomis, $T_0 = 273 \text{ K}$, $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$,
 T – oro temperatūra, p_{at} – atmosferos slėgis.

Darbo eiga

Oro lūžio rodiklio nustatymas esant įvairiems jo slėgiams

Įjungžiama kaitinamoji lemputė ir pro okuliarą stebimas interferencinių juostelių vaizdas. Kiuvetėse sudaromas vienodas slėgis. Kompensatoriumi (B) sutapdinama viršutinė ir apatinė interferencinių juostelių sistema ir užrašomas mikrosraigto rodmuo a_0 .

Slėgis kiuvetėje padidinamas tiek, kad manometras rodytų maksimalų slėgį neišstumiant iš jo vandens. Sukant kompensatoriaus būgną vėl sutapatinamos abi juostelių sistemos. Užrašomas manometro skysčio stulpelių aukščių skirtumas Δh ir mikrosraigto būgno rodmuo a . Oro slėgio pokytį atitinkantis interferencinių juostelių poslinkis $N = |a - a_0|$.

Atliekami 10 matavimų tolygiai mažinant oro slėgį kiuvetėje (išleidžiant orą iš kiuvetės). Po to sumažinamas slėgis kiuvetėje iki minimalaus ir didinant slėgį (įleidžiant orą į kiuvetę) vėl atliekami 10 matavimų. Antruoju atveju viršutinė juostelių sistema slenka į priešingą pusę.

Apskaičiuojamas oro slėgis kiuvetėje ir lūžio rodikliai. Oro slėgis kiuvetėje skaičiuojamas pagal formulę:

$$p = p_{at} \pm \rho g \Delta h;$$

čia ρ – manometre esančio skysčio tankis, g – laisvojo kritimo pagreitis. Oro lūžio rodiklis skaičiuojamas pagal (1) ir (2) formules. Brėžiamas oro lūžio rodiklio priklausomybės nuo slėgio grafikas.

Literatūra

V. A. Šalna. Optikos laboratoriniai darbai. Vilnius, VU leidykla, 2009. (www.mopl.bfsk.ff.vu.lt)