

## LD9. MAIKELSONO INTERFEROMETRAS

### Darbo tikslas

Igyti žinių apie šviesos interferenciją, išnagrinėti Maikelsono (*Michelson*) interferometro sandarą, veikimo principus ir taikymo galimybes.

### Užduotys

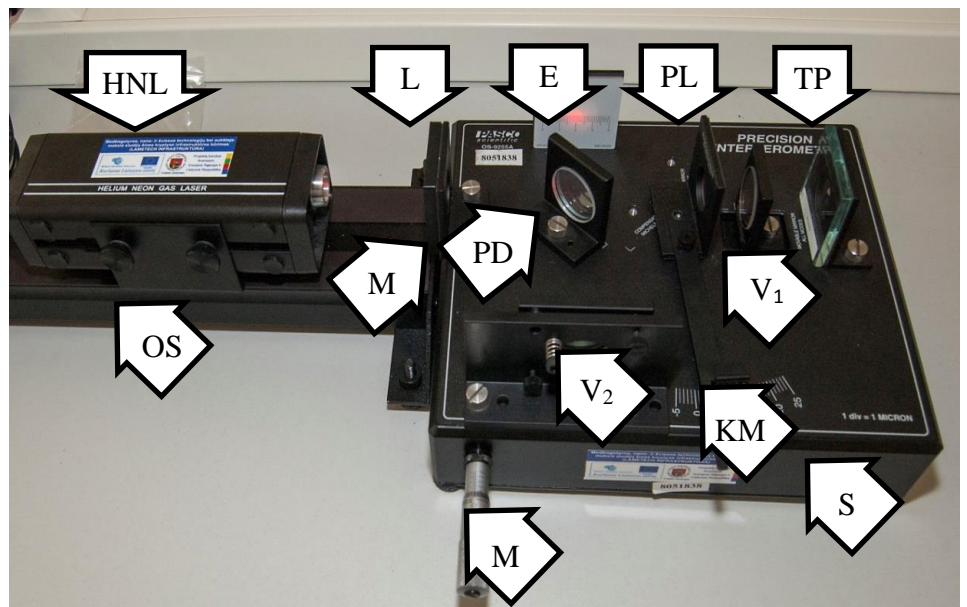
1. Išmatuoti monochromatinės spinduliuotės šaltinio bangos ilgį.
2. Nustatyti stiklo plokštelės medžiagos lūžio rodiklį.

### Teorinės temos

- Interferencija ir jos susidarymo sąlygos.
- Hiuigenso (Huygens) principas.
- Maikelsono (Michelson) interferometro veikimo principai.

### Darbo priemonės ir prietaisai

Masyvus stalelis (S) (su integruota judamojo veidrodžio padėties keitimo sistema) valdomas sraigtinio mikrometro rankenėle (M), glaudžiamasis lęšis (L), šviesos pluošto daliklis (PD), judamasis ( $V_1$ ) ir nejudamasis ( $V_2$ ) veidrodžiai, ekranas (E), magnetiniai laikikliai (ML) (lęšiui ir ekranui tvirtinti), tiriamoji stiklo plokštelė (TP), stiklo plokštelės laikiklis (PL), kampamatis (KM), helio – neono dujų lazeris (HNL), optinis suolas (OS) (1 pav.).

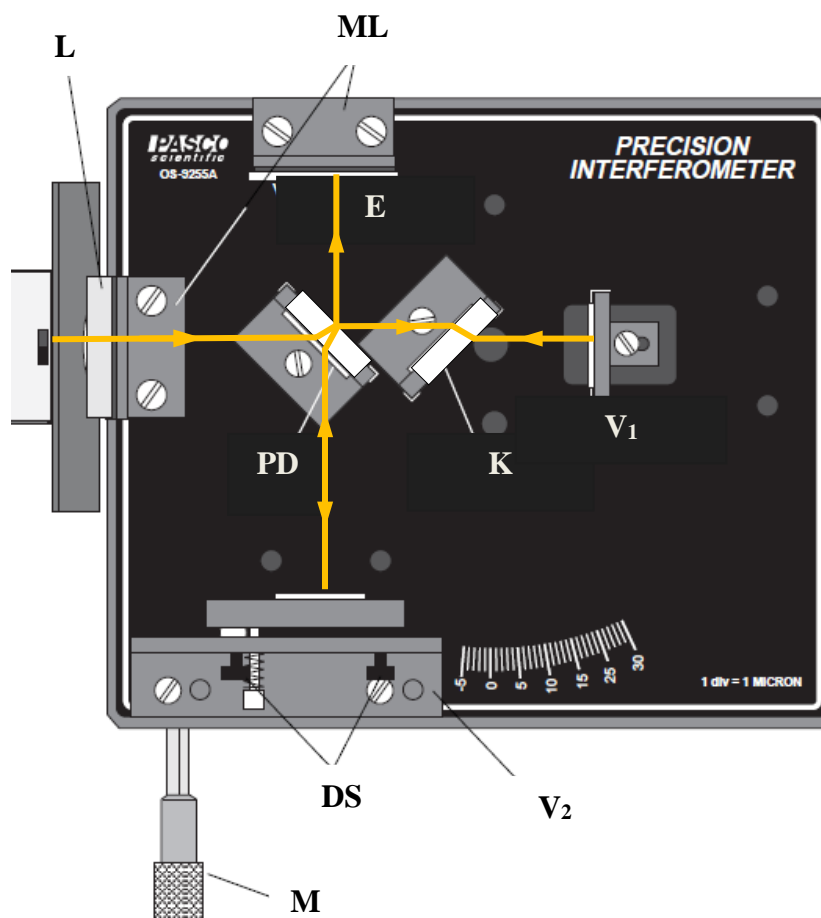


1 pav. PASCO Scientific interferometras

## Tyrimo metodika

### Interferometro sandara ir veikimo principai

Interferometras yra prietaisas, skirtas įvairių objektų fizikiniams parametrams nustatyti, tam pritaikant šviesos interferenciją. Pritaikius žinomų parametru šviesos šaltinį interferenciniam vaizdui sukurti, atsižvelgiant į susidarantį optinių kelių skirtumą, galima tiksliai išmatuoti ieškomuosius dydžius. Kita vertus, interferencija stebima išlaikant pastovų optinių kelių skirtumą. Darbo užduotys yra susijusios tiek su šviesos šaltinio, tiek su tiriamojo kūno fizikinių dydžių nustatymu.



2 pav. PASCO Scientific Maikelsono interferometro schema

Laboratorinio darbo metu matavimai atliekami Maikelsono interferometru, surinktu ant PASCO Scientific stendo interferenciniams prietaisams konstruoti ir tirti. Šviesos šaltinis yra He-Ne (helio–neono) lazeris, kurio spinduliuotės bangos ilgį reikia nustatyti. Interferometro optinė schema pateikta 2 paveiksle. Lazerio spindulys praeina pro glaudžiamąjį lęšį (L) ir pluošto dalikliu (PD), kuris su spinduliu sudaro apytikriai  $45^\circ$  kampą, yra padalijamas į du vienodo intensyvumo pluoštus. Vienas iš jų sklinda lygiagrečiai pradinei šviesos pluošto sklaidimo kryptiai ir atsispindi nuo judamojo

veidrodžio ( $V_1$ ), kitas – statmenai ir atsispindi nuo nejudamojo veidrodžio ( $V_2$ ). Abu spinduliai vėl pasiekia pluošto daliklį ir, atsispindėję nuo jo ar perėję jį, yra suvedami tarpusavyje. Ekране (E) matomas interferencinis vaizdas – šviesūs ir tamsūs žiedai.

Siekiant išvengti šviesos bangų eigos skirtumo, atsirandančio dėl skirtingų spindulių nueitų nevienodų optinių kelių pluošto daliklyje, interferometro petyje su judamu veidrodžiu pastatomas kompensatorius (K). Tai stiklo plokštelė, kurios medžiagos lūžio rodiklis yra toks pat kaip ir pluošto daliklio, statoma statmenai jo plokštumai. Judamojo veidrodžio padėtis valdoma ir jo poslinkis matuojamas sraigtiniu mikrometru (M).

### **Helio–neono lazerio bangos ilgio nustatymas**

Nustatant He-Ne lazerio šaltinio bangos ilgį stebimas interferencinio vaizdo kitimas keičiant judamojo veidrodžio padėtį. Pakeitus veidrodžio padėtį pasikeičia ir optinių kelių skirtumas, tenkinantis interferencijos maksimumo (arba minimumo) sąlygą.

Ant ekrano esančioje skalėje pasirinkama norima padala, kurioje gerai matyti šviesus arba tamsus žiedas, sukant sraigtinio mikrometro rankenėlę maksimumas arba minimumas užfiksuojamas  $N$  kartų. Tai reiškia, kad interferencijos eilė nustumus veidrodį nuotoliu  $d_N$ , kuris fiksuojamas kaip mikrometro rodmens pokytis, pasikeičia dydžiu  $N$ . Bangų eigos skirtumas sudaromas petyje tarp pluošto daliklio ir judamojo veidrodžio. Kadangi spindulys krinta į veidrodį ir nuo jo atsispindi, tai šiame petyje spindulys nueina dvigubą atstumą tarp daliklio paviršiaus taško, iš kurio išeina spindulys, ir veidrodžio plokštumos. Todėl bangų eigos skirtumo pokytis yra lygus dvigubam veidrodžio poslinkiui:

$$\Delta = 2d_N. \quad (1)$$

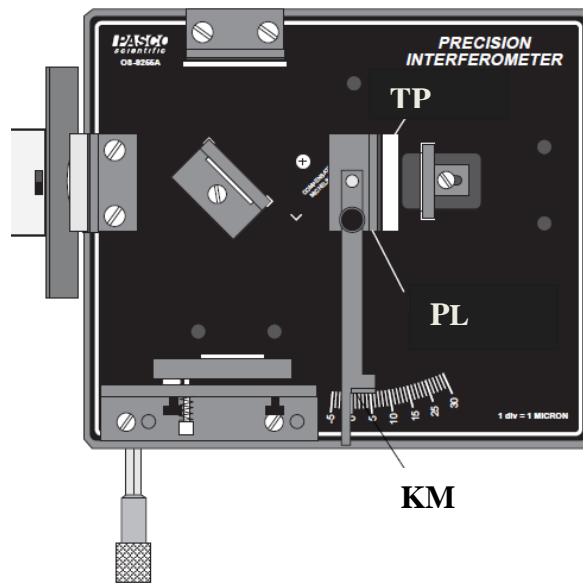
Interferencinės juostelės padėties poslinkis per vieną poziciją atitinka bangų eigos skirtumo pokytį bangos ilgiu  $\lambda$ , todėl galima parašyti tokią lygybę:

$$\Delta = N\lambda. \quad (2)$$

Iš (1) ir (2) lygčių apskaičiuojamas helio–neono lazerio spinduliuotės bangos ilgis:

$$\lambda = \frac{2d_N}{N}. \quad (3)$$

### Stiklo lūžio rodiklio nustatymas



3 pav. Maikelsono interferometro, pritaikyto plokštelės stiklo lūžio rodikliui matuoti schema

Skaidrios stiklo plokštelės lūžio rodikliui matuoti naudojamas modifikuotas Maikelsono interferometras (3 pav.). Šiuo atveju dėl vietos stokos kompensatorius yra nuimamas. Greta judamojo veidrodžio yra įmontuotas stiklo plokštelės laikiklis (PL) su kampamačio (KM) rodykle. Šis įtaisas gali sukurti apie ašį, statmeną interferometro stendo paviršiaus plokštumai. Iš pradžių jis su pritvirtinta tiriamąja plokštele (TP) yra įtaisomas statmenai krintančiam lazerio spinduliui ir lygiagrečiai judamojo veidrodžio paviršiui. Vėl fiksuojamas tam tikro interferencijos maksimumo (arba minimumo) eilės poslinkis  $N$  pasukus plokštelę kampu  $\vartheta$ . Tokiu atveju bangų eigos skirtumo pokytis susidarys dėl papildomo optinio kelio, sudaromo pasukant minėtoju kampu tiriamąjį skaidrų objektą, kurio medžiagos lūžio rodiklis nežinomas. Stiklo lūžio rodiklio vertė apskaičiuojama

$$n_s = \frac{(2d - N\lambda_0)(1 - \cos \vartheta)}{2d(1 - \cos \vartheta) - N\lambda_0}; \quad (4)$$

čia  $d$  – stiklo plokštelės storis,  $\lambda_0$  – helio–neono lazerio spinduliuotės bangos ilgis.

## **Darbo eiga**

### **1. Interferencinio vaizdo sudarymas**

Nuo interferometro „įėjimo“ nuimamas glaudžiamasis lęšis (2 pav. L). Nusukus pluošto daliklį (1 pav. PD) į šalį ir įjungus lazerį patikrinamas lazerio spindulio lygiagretumas interferometro stendo paviršiui ir pažiūrima, ar spindulys pataiko į judamojo veidrodžio (2 pav.  $V_1$ ) centrą. Lazeris išjungiamas.

Šviesos pluošto daliklis (2 pav. PD) pasukamas taip, kad sudarytų  $45^\circ$  kampą su krantinčiuoju spinduliu ir vėl įjungiamas lazeris. Daliklio padėtis nustatoma taip, kad atsispindėjęs spindulys pataikytų į nejudamojo veidrodžio (2 pav.  $V_2$ ) centrą. Ekране (2 pav. E) turi būti matomos 2 identiškos ryškių taškų grupės. Kiekvienoje jų yra ryškus centrinis taškas ir mažiau ryškūs kraštiniai taškai. Pluošto daliklis derinamas taip, kad abi taškų grupės kiek įmanoma labiau persiklotų ar bent būtų priartintos viena prie kitos. Šviečiančių taškų padėtys galutinai sutapatinamos dviem juodos spalvos nejudamojo veidrodžio sraigtais (2 pav. DS), kuriais vienos iš grupių padėtis valdoma vertikaliai ir horizontaliai. Taškų suvesties kokybė yra pakankama, kai jų fone ant ekrano pasirodo neryškūs ratilai.

Naudojant lazerį, kaip šviesos šaltinį, kompensatorius (2 pav. K) nėra būtinas sistemos komponentas. Jeigu jis yra įmontuotas stende, tuomet jo padėtis sureguliuojama taip, kad jo paviršiaus plokštuma būtų statmena pluošto daliklio paviršiaus plokštumai.

Į vietą įstatomas glaudžiamasis lęšis (2 pav. L). Šio elemento padėtis nustatoma taip, kad interferencinis vaizdas ( apskriti šviesūs ir tamsūs žiedai) būtų geriausiai matomi.

### **2. Lazerio spinduliuotės bangos ilgio nustatymas**

Mikrometro rankenėlė (1 pav. M) nustatoma ties padala „5“ (atitinka 0,5 mm). Tuomet ji pasukama vieną kartą prieš laikrodžio rodyklę iki tol, kol nulinė atžyma ant būgno sutaps su atskaitos žyma. Užrašomas mikrometro rodmuo  $a_0$ . Mikrometro būgno padalos vertė lygi  $1 \mu\text{m}$ , per vieną jo apsisukimą veidrodis pasislenka  $25 \mu\text{m}$ .

Ant ekrano (1 pav. E) suprojektuotame interferenciniame vaizde matomi žiedai. Pasirenkamas 2 arba 3 žiedas nuo centro ir įsidėmima jo padėtis skalėje (pavaizduotą ant ekrano). Laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi lėtai sukamas mikrometrinis sraigtas ir skaičiuojami per pasirinktą žymę skalėje praeinantys žiedai. Iš pradžių atskaitoma 20 „praėjusių“ žiedų ir užrašomas mikrometro rodmuo  $a_{20}$ . Vėliau rodmenys  $a_N$  atskaitomi kas 10 žiedų iki užfiksuojamas interferencinio vaizdo pasirinktoje ekrano vietoje postūmis per 100 eilių. Duomenys surašomi į 1 lentelę.

Pagal (3) formulę apskaičiuojamas He-Ne lazerio spinduliuotės bangos ilgis kiekvieno matavimo metu ir jų vidurkis bei palyginama su tikruoju šviesos šaltinio bangos ilgiu.

1 lentelė. He-Ne lazerio spinduliuotės bangos ilgio nustatymo duomenys

$N$	$a_N (\mu\text{m})$	$d_N (\mu\text{m})$	$\lambda (\text{nm})$
20			
30			
...			

Pastaba.  $d_N = a_N - a_0$ .

### 3. Stiklo lūžio rodiklio nustatymas

Įstatomas stiklo plokštelės magnetinis laikiklis su kampamačio rodykle (3 pav. PL) į jam skirtą lizdą, nurodytą atitinkamu užrašu ant interferometro stalelio. Jeigu **1** ir **2** dalyse naudojamas kompensatorius, tada laikiklis gali būti įstatytas laboratorinio darbo pradžioje. Į laikiklį įstatoma stiklo plokštelė (3 pav. TP). Nuimamas glaudžiamasis lęšis ir patikrinamas bei suderinamas stiklo plokštelės statmenumas lazerio spinduliui – pažiūrima, kiek atspindžių matyti ant judamojo veidrodžio (1 pav. V<sub>1</sub>). Jeigu esama kelių atspindžių, plokštelės orientacija keičiama tol, kol lieka vienas ryškiausias atspindys.

Patikrinama, ar kampamačio (3 pav. KM) rodyklės atskaitos žyma sutampa su skalės nulio pozicija. Jeigu jos nesutampa, atskaitos žyma pastatoma ties nuliu atsukus rodyklę fiksuojantį sraigą, esantį ant laikiklio. Glaudžiamasis lęšis įstatomas atgal į savo laikiklį prieš lazerį taip, kad vėl būtų ryškiai apšviesta ekrano sritis, kur stebimas interferencinis vaizdas. Reikalui esant vaizdas koreguojamas nejudamojo veidrodžio sraigtais (2 pav. DS). Ant šio veidrodžio uždedamas apsauginis gaubtelis išorinėje interferometro pusėje, kad į akis nepakliūtų praėjusi lazerio spinduliuotė atskaitant kampamačio parodymus.

Sukant stiklo plokštelę stebimi interferencinio vaizdo pokyčiai. Matavimo principai yra analogiški **2** dalies 2 punkte pateiktiems nurodymams, tik šiuo atveju fiksuojami kampamačio skalės rodmenys. *Pastaba:* staigiau pasukus plokštelės laikiklis gali išsinerti iš lizdo, todėl jį reikia sukti pakankamai lėtai ir atsargiai.

Išjungiamas lazeris. Pagal (4) formulę apskaičiuojamas plokštelės stiklo lūžio rodiklis ir visų nustatytųjų verčių vidurkis.

## **Literatūra**

1. PRECISION INTERFEROMETER: Instruction Manual and Experiment Guide for the *PASCO Scientific* models OS-9255A thru OS-9258A.
2. V. A. Šalna. Optikos laboratoriniai darbai. Vilnius, VU leidykla, 2009. ([www.mopl.bfsk.ff.vu.lt](http://www.mopl.bfsk.ff.vu.lt))