

Michelsonov Interferometer

Michelsonov interferometer je sestavljen iz treh osnovnih elementov: dveh ravnih zrcal in polprepuštnega zrcala.

Interferenčno sliko gledamo na zaslonu oz. če imamo manjšo

Svetlobno intenziteto, lahko gledamo naravnost v interferometer.

Polprepuštno zrcalo p opisemo z amplitudno odbojnostjo r in prepuštnostjo t , ki sta v splošnem kompleksni številici; če pa nì izgub mora vejeti $|r|^2 + |t|^2 = 1$. Končna delna snopa, ki prideva na izhod 2, imata enaki amplitudi, saj se vsak izmed njiju enak oddeljuje na polprepuštnem zrcalu P. (enkrat gre pa slovo).

Interferenčna slika je najčastnejša, če na interferometer posljemo ravno

monokromatsko svetlobno valovanje s frekvenco ω , katerega el.

polje zapišemo kot $\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \phi)$, pri čemer je E_0 amplituda, $\omega = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{T}$ Valorni vektor, $\phi = \int n(s) ds$ pa optična pot.

V praksi se takemu valovanju zelo dobro približamo s konimiranim laserškim snopom. Električno polje na opazovalnem zaslonu \vec{E}_2 jo vsota polj delnih snopov:

$$\vec{E}_2 = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{1}{2} \vec{E}_0 (\cos(\omega l_1 - \phi) + \cos(\omega l_2 - \phi))$$

pri čemer l_1 in l_2 označujeta optično pot vsakega delnega snopa. Predfaktor $1/2$ pa izhaja iz sklepa, da nismo izgubili da ju končnu amplitudo ravno polovično, za vsaki delni snop. Torej enakih vstopnih amplitudi, ko snopu seštejemo. Fazna razlika:

$$\Delta\phi = \phi(l_1 - l_2)$$

je odvisno od fazalj d_1 in d_2 med polprepostročenim zrcalom P in
zrcalom Z_1 in Z_2 ter od debeline in končnega količnika
materialov, ki jih oba snopu svetlobe prečka na pot. Za polprepostročno
zrcalo izhaja Simčičev strukturo, ki je v našem primeru v koliku Streljenju
pri tahu izrazil 15 stopinjskih prizem, v sklopu pa je dielektrični
snop naprej na eno izmed obetih prizem. Intenzitet svetlobe na opazovalcu
zaslona je sorazmerna

$$I_2 \propto \|\vec{E}_2\|^2 = \|\vec{E}_1\|^2 + \|\vec{E}_2\|^2 + 2|\langle \vec{E}_1, \vec{E}_2 \rangle|$$

In tako dobimo rezultat, da je:

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 (1 + \cos \Delta\phi)$$

pri čemer I_0 označuje intenziteto vpadnega snopa: kvadrat je, ker je
zazlen.

$$\Delta\phi = N2\pi \quad \dots \text{interferencijski maksimum}$$

$$\Delta\phi = (2N+1)\pi \quad \dots \text{interferencijski minimum}$$

Razlika optičnih poti snopov Δd in s tem tudi $\Delta\phi$ lahko spominjamos s
pomikanjem ravnega zrcala. Na zaslunu se pojavijo int. maks. in min.

Vsihkrat ko se zdi premahne za $\Delta d_1 \cdot \frac{\pi}{h} = \frac{1}{2}$ se optična pot

Spremeni pa $\Delta d_1 \cdot 2\Delta d_1 = 1$ in $\Delta\phi$ se poravnata 2π ; interferencijska
slika se ponovi.

Mic. Int. ima posebno nastavitev, ki jo je pravimo elvidistančna lega

Ogledal. Tahrat je interferometer nastavljen na popolnoma simetrično in sta

Optični poti enaki, torej je $\Delta\phi$ enak 0 za vse valovne dolžine. To

Pomeni, da v tej legi dobimo minimum in maksimum za vse barvne

komponente. Blizu elvidistančne legi vidimo tudi interferenco z belo svetlobo,

kar je soroden pojav hot interference na tankih plastih (npr. oljni maleci).

Znamenit eksperiment je Michelson-Morleyev eksperiment, ki je ovrgel hipotezo o obstoju etra. Danes pa se Michelson uporablja za pomočno merjenje dolžin in lomnih koeficientov. Uporablja se v visoko ločljivih infrarednih spektroskopijih itd.

Potrebščine:

- Michelsonov interferometer
- He-Ne laser (633 nm)
- Zračna komora z milimetrom
- Zračna žarilka
- Hg Svetilka in volframski žarnica v istem ohligu
- Na žetilka
- Mlečno steklo, difuzor iz belega papirja

Naloge

1. Z laserjem ravnanje načrtimo interferometer ter umetimo pomnilnico Zrcala Z1 v oddaljenosti od nastavitev milimeterskega vijačnika.
2. Izmerimo lomni koeficienti zrača v oddaljenosti od zračnega tlakca.
3. Nagniti elastičnost lego interferometra
4. Izmeriti hibridacijo dolžino bolj svetlobe iz žarnice na volframski žarilni nitki
5. Izmeriti valovni dolžini Na dubletar.

Navedila:

Najprej umetimo interferometr. Prenosno razmerno med mikrometerskim vijaku in zrakom nujemo tako, da s pomočjo lasera z znaku izlazimo dolžino svetlobe v interferometer ter na izhodu opazimo interferencijsko sliko. Pri vrtenju mikrometerskega vijaku se spreminja optična pot, ena izmed vog interferometra ter s tem fazna razlika med snopoma. Zapišemo si začetno lego na mikrometerskem vijaku in ga vrtimo tako, da dolgo dolikor se interferencijska slika ne ponovi vsaj 100 krat. Tukrat si zapišemo že končno lego na mikrometerskem vijaku.

2. Edag v eno vog interferometru vstavimo zračno komoru v kateri lahko s svetilko spremojmo zračni tlak. Opazimo lahko, da se ob počasnem premikanju tlaka v komori spremeni interferencijska slika. Spreminjati lahko v tem primeru se spreminja dolžina optične poti v eni izmed vog interferometra, vendar boljšenac. Zaradi dolžine vega ampak zmanjšanja sprememb komornega holocnega zraka, ki jo odvisen od tlaka.

3. Laser zamenjamo z belim svetilom (žarnica na W) in izčemo lego na mikrometerskem vijaku, pri kateri opazimo interferencijske projekte z nizkim kontrastom.

4. Koherenčno dolžino za belo svetlobbo ocenimo tako, da opazimo interferencijsko sliko in sa z vrtenjem vijaku počasi oddaljujemo iz elipsoidalne legi. Pri tem opazimo, da se kontrast interferencijskih projekcij manjša. Preteko mo število projekcij, ko je kontrast iz maksimalnega (tako v elipsoidalni legi) pada na polovico. Ker je ta meritve

V resnici Subjektivno lahko ocenimo, ko red velikosti in ne dejansko matematičnega rezultata.

5.

Pred vchod interferometra postavimo na svetilko vmes pa bel list papirja, ki služi za bolj enakomerno osvetlitev hkrati pa tudi neodliko zmanjša svetlost svetila. Na svetilki imamo svojim spektru več emisivnih črt, med katerimi sta najizrazitejši črti pri valovni dolžini, ki dejso značilno oranžno barvo svetila. Razlika valovnih dolžin ob teh črtah je zelo majhna (govorimo o dublici). Zaradi porazoda, da v interferometru poteg interferencijskih prog lahko ob spremembi razlike optične poti opazimo spremembo kontrasta interferencijskih prog (triptanje). Podobno kot pri napovedi 1. nagnjemo za 100 ponovitev slik izmerimo premik na mikrometerskem vijaku. Nato izmerimo se premik na mikrometerskem vijaku med poslednjimi trikratnimi interferencijskih prog (minimum kontrasta črt).

Meriti ve

Zaradi epidemije smo prejeti meritve preko spleta.

Premik na vijaku 1.
$\text{mm} \pm 0.01 \text{ mm}$
0.16
0.165
0.16

Premik na vijaku 5.
$\text{mm} \pm 0.01 \text{ mm}$
0.15
0.145
0.15

Lomni količnik	
Δp [bar]	St. ponovitev
0.5	20
0.7	28
1.0	43
1.2	55
1.5	68
1.75	81
2.00	92

1. Umeritev interferometra

$$\lambda = 633 \text{ nm}$$

$$d = 0.162 \text{ mm} \pm 0.0002$$

$$R = \frac{N \cdot \lambda}{2 \cdot d} = 0.1950 \pm 0.002$$

To je precej dobro 1:5, kot piše v navodilih.

2. Odvisnost lomnega količnika zraka od zračnega tlaka

$$P_0 = 1 \text{ bar}$$

$$n(P_0) = 1$$

$$l = 50 \text{ mm}$$

$$\Delta n = \frac{\Delta d}{2l} = \frac{N\lambda}{2l}$$

↑ dolžina komore

Svetloba gre skozi komoro 2x

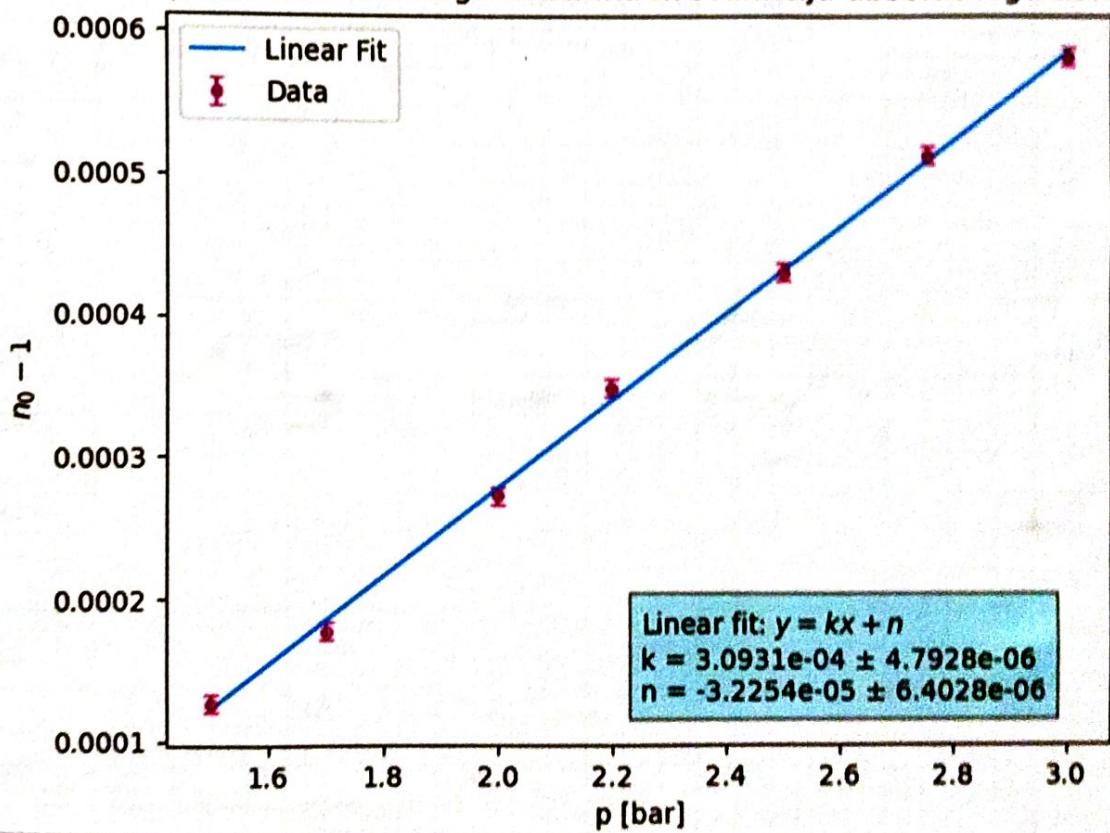
Lahko napišemo:

$$n(p) = n(p_0) + l(p - p_0)$$

$$n(1000) = n(p_0) - l(999 \text{ bar}) = 1,308$$

To je primerljivo z Vodo.

Sprememba lomnega količnika kot funkcija absolutnega tlaka



3. Elvidistančna lega

$$d_E = 6.66 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$$

4. Ocena koherenčne dolžine za belo svetlobo

$$\bar{\lambda} = 550 \text{ nm}$$

$$d_h = \bar{N} \cdot \bar{\lambda} = 5500 \text{ nm} \pm 550$$

$$\bar{N} = 10 \pm 1$$

Č koherenčna dolžina

$$\gamma_c = \frac{d_h}{c} = 1.83 \cdot 10^{-14} \text{ s} \pm 1.83 \cdot 10^{-15}$$

Č koherenčni čas

$$\Delta \nu = 1/\gamma_c = 5.45 \cdot 10^{13} \text{ Hz} \pm 5.45 \cdot 10^{12}$$

Č spektralna širina svetlobe

5. Določitev valovnih dolžin na dubbleta

$$\bar{\lambda} = \frac{2\bar{d}_{100}}{100} = 592 \pm 35 \text{ nm}$$

$$\bar{d}_{100} = 0.148 \pm 0.01 \text{ mm}$$

$$\bar{d}'_{100} = 0.0296 \pm 0.0018 \text{ mm}$$

Č je upoštevan prečnino razmerje

$$\Delta \lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{2\bar{d}_2} = 0,57 \pm 0,04 \text{ nm}$$

$$\bar{d}_2 = 0.31 \pm 0.01 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \lambda_{1,2} = \bar{\lambda} \pm \Delta \lambda$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = 592,6 \pm 35 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 591,4 \pm 35 \text{ nm}$$