

Michelsonov Interferometer

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

Interferenčno sliko gledamo na zaslonu oz. če imamo manjšo svetlobno intenziteto, lahko gledamo naravnost v interferometer.

Polprepustno zrcalo P opišemo z amplitudno odbojnostjo r in prepustnostjo t , ki sta v splošnem kompleksni količini; če pa ni izgub mora veljati $|r|^2 + |t|^2 = 1$. Končna delna snopa, ki prideka na izhod Z , imata enaki amplitudi. Svoj se vsaki izmed njih odbije enkrat na polprepustnem zrcalu P (enkrat gre pa skozi).

Interferenčna slika je najenostavnejša, če na interferometer pošljemo ravno monokromatsko svetlobno valovanje s končno frekvenco ω , katerega el. polje zapišemo kot $\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(kL - \omega t)$, pri čemer je E_0 amplituda, $k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ valovni vektor, $L = \int n(s) ds$ pa optična pot.

V praksi se takemu valovanju zelo dobro približamo s kolimiranim laserskim snopom. Električno polje na opazovalnem zaslonu \vec{E}_Z je vsota polj delnih snopov:

$$\vec{E}_Z = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{1}{2} \vec{E}_0 (\cos(kL_1 - \omega t) + \cos(kL_2 - \omega t))$$

Pri čemer L_1 in L_2 označujeta optično pot vsakega delnega snopa. Prefaktor $1/2$ pa izhaja iz sklepa, da nimamo izgub in da je končna amplituda ravno polovična, za vsaki delni snop. Torej enaki velikosti amplitudi, ko snopa seštejemo. Faza razlika:

$$\Delta\phi = k(L_1 - L_2)$$

je odvisna od razdalj d_1 in d_2 med polprepuštno zrcalom P in ravnim zrcalom Z_1 in Z_2 ter od debeline in lomnega koeficienta materialov, ki jih oba snopa svetlobe prečkata na poti. (Za polprepušno zrcalo želimo simetrično strukturo, ki je v našem primeru v ločilo Stalenjin par tako imenovanih 45 stopinjskih prizem, v stičišču pa je dielektrični sloj napravljen na eno izmed obeh prizem. Intenziteta svetlobe na opazovalnem zaslonu je sorazmerna

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

in tako dobimo rezultat rezultat, da je:

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

Pri čemer I_0 označuje intenziteto vpadnega snopa. ~~Prejeto je ferri~~
~~zavod~~

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

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

Razlika optičnih poti snopov Δl in s tem tudi $\Delta\phi$ lahko spremenimo s pomikanjem ravnega zrcala. Na zaslonu se pojavijo int. maks. in min.

Vsuhkrat ko se Z_1 premakne za $\Delta d_1 = \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$ se optična pot

spremeni za $\Delta l_1 = 2\Delta d_1 = \lambda$ in $\Delta\phi$ se poveča za 2π ; interferenčna slika se ponovi.

Mich. Int. ima posebno nastavitve, ki ji pravimo elvidistancna lega

Ogledal. Takrat 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 minimume in maksimume za vse barvne

komponente. Blizu elvidistancne lege vidimo tudi interferenco z belo svetlobo,

kar je soroden pojav kot interferenca na tanki plasti (npr. oljni madež).

Znamenit eksperiment je Michelson-Morteyer eksperiment, ki je ovrgel hipotezo o obstoju etra. Danes pa se MichInt uporablja za precizno merjenje dolžin in lomnih količnikov. Uporablja se v visoko ločljivi infra- rdeči spektroskopiji itd.

Potrebščine:

- Michelsonov interferometer
- He-Ne laser (633 nm)
- Zračna lomca z mikrometrom
- Zračna svetilka
- Hg svetilka in volframska žarnica v istem ohišju
- Na svetilka
- mlečno steblo, difuzor iz belega papirja

Naloga

1. Z laserjem ~~pravda~~ naravnostno interferometer ser ujemimo pomik žraka Z1 v odvisnosti od nastavitve milimeterskega vijaka.
2. Izmerimo lomni količnik zraka v odvisnosti od ~~za~~ zračnega tlaka.
3. Nagni eludistancirno lego interferometra
4. Izmeriti koherenčno dotzino bele svetlobe iz žarnice na ~~in~~ volframsko žarilno nitko
5. Izmeriti valovni dolžini Na dubleta.

Navodila:

1. Najprej umerimo interferometer. Približno razmimo med milimetrovskim vijakom in zrakom na določeno talar, da s pomočjo lasca z znano valovno dolžino svetimo v interferometer ter na izhodu opazujemo interferenčno sliko. Pri vrtenju milimetrovskega vijaka se spreminja optična pot ene izmed vej interferometra ter s tem fuzna razlika med snopoma. Zapišemo si začetno lego na milimetrovskem vijaku in ga vrtimo tako dolgo dokler se interferenčna slika ne ponovi vsaj 100 krat. Takrat si zapišemo še končno lego na milimetrovskem vijaku.

2. Zdag v eno vejo interferometra vstavimo zračno komoro v kateri lahko s tlacilno spreminjamo zračni tlak. Opazimo lahko, da se ob počasnem zmanjševanju tlaka v komori prične interferenčna slika spreminjati. Tudi v tem primeru se spreminja dolžina optične poti v eni izmed vej interferometra, vendar toliko ne zaradi dolžine vej ampak zaradi spremembe lomnega količnika zraka, ki je odvisen od tlaka.

3. Laser zamenjamo z belim svetilom (žarnica na W) in izcemo lego na milimetrovskem vijaku, pri kateri opazimo interferenčne proge z negativnim kontrastom.

4. Koherentno dolžino za belo svetlobo ocenimo tako, da opazujemo interferenčno sliko in se z vrtenjem vijaka počasi oddaljamo iz eluidistancine lege. Pri tem opazimo, da se kontrast interferenčnih praj mungja. Preštejemo število praj, ki so kontrast iz maksimalnega (torej v eluidistancini legi) padle na polovico. Ker je ta meritev

V resnici subjektivno lahko ocenimo le red velikosti in ne dejansko natančnega rezultata.

5.

Pred vhod interferometra postavimo Na svetilko vmes pa bel list papirja, ki služi za bolj enakomerno osvetlitev hlratu pa tudi nekoliko zmanjša svetlost svetla. Na svetilki imamo v svojem spektru več emisijskih črt, med katerimi sta najizrazitejši črti pri valovni dolžini, ki daje značilno oranžno barvo svetilu. Razlika valovnih dolžin obeh črt je zelo majhna (govorimo o dubletu). Kar pomeni, da v interferometru poleg interferenčnih prog lahko ob spreminjanju različne optične poti opazimo spreminjanje kontrasta interferenčnih prog (utripanje). Podobno kot pri naloga 1. najprej za 100 ponovitev slike izmerimo premik na milimeterškem vijaku. Nato izmerimo še premik na milimeterškem vijaku med poslednjimi inter interferenčnih prog (minimumi kontrasta črt).

Meritev

Zaradi epidemije smo prejeli meritve preko spleta.

Premik na vijaku 1.
mm \pm 0.01 mm
0.16
0.165
0.16

Premik na vijaku 5.
mm \pm 0.01 mm
0.15
0.145
0.15

Lomni kolicnik	
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

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

$$d = 0,162 \text{ mm} \pm 0,0002$$

$$R = \frac{N \cdot \lambda}{2 \cdot d} = 0,1959 \pm 0,002$$

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

2. Odvisnost lomnega količnika zraka od zračnega tlaka

$$p_0 = 1 \text{ bar}$$

$$n(p_0) = 1$$

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

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

Svetloba gre skozi komoro 2x
dolžina komore

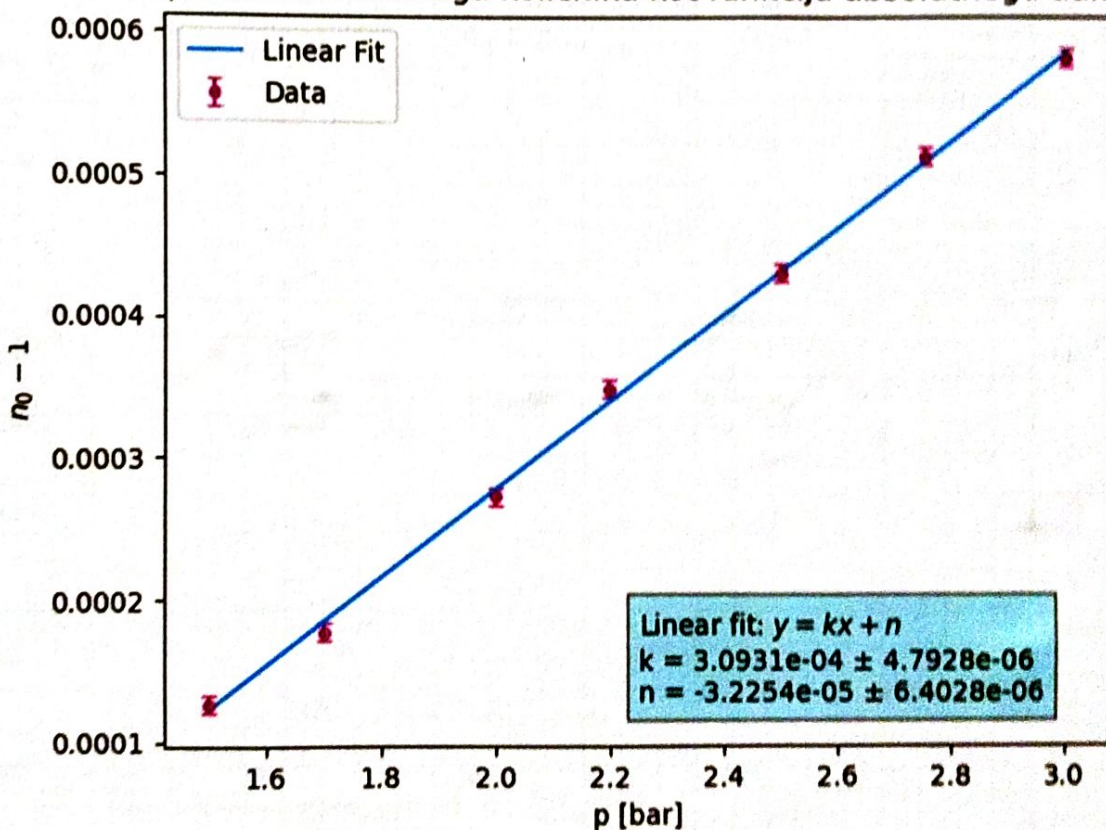
Lahko napišemo:

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

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

To je primerljivo z vodo.

Sprememba lomnega količnika kot funkcija absolutnega tlaka



3. Eluidistancijska lega

$$d_E = 6,66 \text{ mm} \pm 0,01 \text{ mm}$$

4. Ocena koherenčne dolžine za belo svetlobo

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

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

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

↑ koherenčna dolžina

$$\tau_{\text{ck}} = d_k / c = 1.83 \cdot 10^{-14} \text{ s} \pm 1.83 \cdot 10^{-15}$$

↑ koherenčni čas

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

↑ spektralni širina svetila

5. Določitev valovnih dolžin Na dubleta

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

$$d_{100} = 0.148 \pm 0.01 \text{ mm}$$

$$d_{100}' = 0.0246 \pm 0.0018 \text{ mm}$$

↑ če upoštevamo predstavnno razmerje

$$\Delta \lambda = \frac{\bar{\lambda}^2}{2d_2'} = 0,57 \pm 0,04 \text{ nm}$$

$$d_2' = 0.31 \pm 0.01 \text{ mm}$$

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

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

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