

Bylgjueiginleikar ljóss

Lesefni til hliðsjónar

1. Walker: *Halliday and Resnick's Principles of Physics*, 11. útgáfa, kaflar 35, 36 og 33.4.

Inngangur

Í þessari tilraun skoðum við bylgjueiginleika ljóss. Bylgjulengd ólíkra lita er ákvörðuð, víxlhrif og ljósbognun ljóss þegar það fer í gegnum grannar raufar eru skoðuð og skautunareiginleikar ljóss eru kannaðir.

Tilrauninni er skipt í fjóra þætti.

1. Raufagler er notað til að ákvarða bylgjulengd rauðs leysigeislagjafa.
2. Skoðuð eru víxlhrif (e. interference) ljóss sem fer í gegnum tvær raufar með tilraun Young.
3. Þykkt hárs er ákvörðuð með ljósbognun (e. diffraction).
4. Ljósstyrkur skautaðs ljóss sem fer í gegnum skautunarsíu undir ólíkum hornum er skoðað.

Í sumum þáttum tilraunarinnar er notaður leysigeisli og þurfa nemendur að gæta þess vel að horfa ekki í geislann eða beint endurvarp hans þar sem hann getur sært nethimnur í augum.

1 Raufagler sem litrófsgreinir

Í þessum hluta er fínrist raufagler (með þekktan raufapétteleika) notað til að ákvarða bylgjulengd rauðs ljósgjafa. Sveigju ljóss sem fer í gegnum raufagler er lýst með jöfnunni

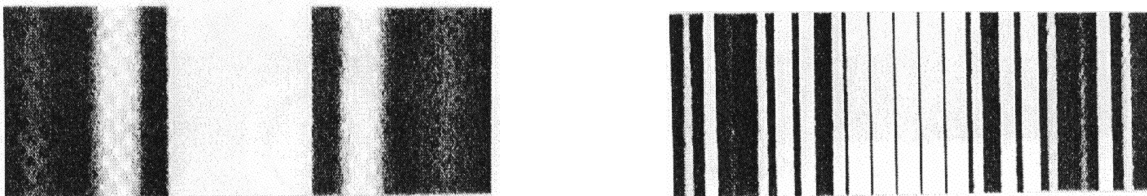
$$d_r \sin(\phi_r) = m\lambda \quad (1)$$

þar sem d_r er fjarlægð milli rauða í raufaglerinu, λ er bylgjulengd ljóssins, ϕ_r er hornið sem ljósið sveigir um og m er gráða víxlunarinnar.

- Stillið upp á ljósbekk rauðum leysigeislagjafa, raufagleri með uppgefna fjarlægð milli rauða ($d = 1880$ nm) og skerm. Setjið 0.5 mm breiða rauf framan við raufaglerið til að takmarka breidd ljóssins og þar með auka greinigæði tilraunarinnar.
- Notið reglustiku til að ákvarða ϕ_r fyrir fyrstu víxlunarinnar ($m = 1$) og út frá því ákvarðið bylgjulengd ljóssins. Metið óvissu í ákvörðun ykkar á bylgjulengdunum $\Delta\lambda$.

2 Víxlhrif ljóss frá tveimur raufum - Tilraun Young

Ef ljós er látið lýsa á grannar raufar má líta á raufarnar sem nýjan ljósgjafa. Ef tvær grannar raufar liggja nálægt hvor annarri, þannig að fjarlægðin á milli þeirra er af svipaðri stærðargráðu og bylgjulengd ljóssins, geta myndast víxlhrif vegna ljósbylggnanna frá hvorri rauf. Heildar ljósmagnið sem berst því á skerm handan við raufarnar samanstendur því af ljósi sem hefur orðið fyrir samliðun (styrkjandi og eyðandi) ljóssins frá hvorri rauf. Þannig myndast víxlmynstur eins og sýnt er á mynd 1.



Mynd 1: Vinstri myndin sýnir bognunarmynstur fyrir eina rauf. Af bognunarmynstrinu má ákvarða breidd raufarinnar. Hægri myndin sýnir víxlmynstur þegar lýst er á tvær jafnvíðar raufar. Af víxlmynstrinu má ákvarða fjarlægðina á milli raufanna d og líka breidd raufanna a .

Ef fjarlægðin sem ljósið fer að skerminum frá hvorri rauf er ólík sem nemur heilli bylgjulengd verður styrkjandi samliðun og staðsetningu ljósra ráka á skerminum er þá lýst með jöfnunni

$$d \sin(\phi) = m\lambda \quad (2)$$

Hér er d fjarlægðin á milli raufanna tveggja og ϕ hornið fyrir hverja styrkjandi samliðun.

- Notið rauðan leysigeisla með bylgjulengd $\lambda = 650 \text{ nm}$.
- Safnið gögnum um staðsetningu styrkjandi samliðunar sem fall af gráðu víxlunar m .
- Teiknið graf sem sýnir $\sin(\phi)$ sem fall af m og ákvarðið út frá því fjarlægðina milli raufanna d . Berið saman við uppgafið gildi frá framleiðanda.

3 Ljósbognun um grannan þráð (mæling á hársbreidd)

Víxlhrif milli ljósgeisla á sér ekki einungis stað á ljósi frá ólíkum raufum heldur getur hún líka orðið milli ólíkra ljósgeisla í raufinni sjálfri. Sambærileg mynstur og fást fyrir tveggja raufa tilraun fást því því líka fram þegar ljós skín í gegnum staka rauf með breidd a . Í því tilfelli má sýna að eyðandi samliðun ljóssins á sér stað þegar

$$a \sin(\theta) = n\lambda \quad (3)$$

og því fást fram dökkar rákir á skerminn. Ef ljósi er lýst á grannan þráð í stað rauðar fæst sambærilegt mynstur og því má ákvarða breidd þráðar út frá mælingum á þeirri ljósbögnun sem á sér stað fyrir ljósið sem lýsir á þráðinn.

- Stillið einum þræði af hári í leysigeislann og ákvarðið þvermál þess með mælingum á bögnunarmynstrinu og út frá jöfnu 3. Setjið 0.5 mm rauf framan við þráðinn til að takmarka breidd geislans.

4 Skautunareiginleikar ljóss

Skautun ljóss segir fyrir um í hvaða stefnu rafsviðsvigur ljóssins er að sveiflast. Í flestum tilfellum er ljós almennt óskautað, þ.e. rafsviðsvigur þess sveiflast í ólíkar stefnur. Ef óskautað ljós er látið lýsa á skautunarsíu kemst einungis sá hluti ljóssins í gegn sem er með skautunarstefnu í stefnu skautunarsíunnar. Þannig fæst línulega skautað ljós með vel skilgreinda skautunarstefnu.

Ef línulega skautað ljós er látið lýsa í gegnum aðra skautunarsíu þá er heildarljósstyrkurinn I sem fer í gegn gefinn með

$$I = I_0 \cos^2(\psi) \quad (4)$$

Þar sem I_0 er hámarksstyrkur ljóssins sem fer í gegn og ψ er hornið milli skautunarhorns ljóssins og skautunarsíunnar. Þetta lögmál er almennt kennt við Etienne Louis Malus sem uppgötvaði það árið 1809.

Af jöfnu 4 má sjá að ef hornið á skautunarsíunum er það sama þá er ljósstyrkurinn í hámarki en ef þær eru hornrétt á hvor aðra verður gegnskynsstyrkur ljóssins núll. Hér er áhugavert að sjá að ef hornið liggur þar á milli er ávallt hluti ljóssins sem sleppur í gegn sem stafar af því að rafsviðssveiflan í línulega skautaða ljósinu hefur vigurbátt í stefnu seinni skautunarsíunnar.

- Stillið upp á ljósbekkinn rauðum leysigeislagjafa, tveimur skautunarsíum með hornakvarða og ljósnema. Tengid ljósnemann við fjölmæli sem er stilltur á straummælingum.
- Stillið fyrri skautunarsíunni í lóðrétta stöðu.
- Framkvæmið mælingar á ljósstyrk sem fall af horni seinni skautunarsíunnar ψ yfir 180° bil í 10° þrepum. Skráið horngildið sem mismun horna seinni skautunarsíunnar og fyrri skautunarsíunnar.
- Teiknið graf af ljósstyrknum sem fall af horninu milli skautunarsíanna ψ .
- Teiknið á grafið líkan í samræmi við jöfnu 4. Skoðið hvernig mælingum og líkani ber saman.