

Merjenje svetlobe z gibajočim se ogledalom

Meritev temelji na občutljivem Michelsonovem interferometru.

Kadar se elektromagnetno valovanje (svetloba) odbije od gibajočega se ogledala, se mu spremeni frekvenca po Dopplerjevem učinku. Z opisano meritvijo pa skušamo ugotoviti, ali se odbitim elektromagnetnim valovom od gibajočega se ogledala zaradi hitrosti ogledala poleg frekvence spremeni tudi valovna dolžina ali pa valovna dolžina ni odvisna od hitrosti gibanja ogledala.

Michelsonov interferometer

Michelsonov interferometer ja instrument, ki omogoča merjenje sprememb valovne dolžine elektromagnetnega valovanja na osnovi ločevanja enega žarka v dva žarka, ki po ločenih poteh potujeta do skupnega cilja.

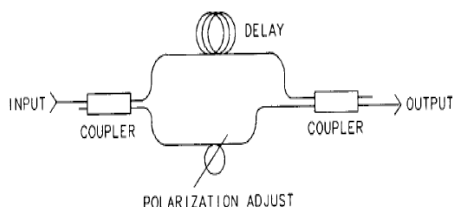


Figure 1-1. Agilent 11980A Fiber Optic Interferometer, Simplified Schematic

Slika 1

V sodobnem svetu obstajajo industrijsko izdelani interferometri na osnovi Michelsonovega interferometra, ki namesto ogledal uporabljajo optična vlakna. Enega od takih instrumentov prikazuje Slika 1.

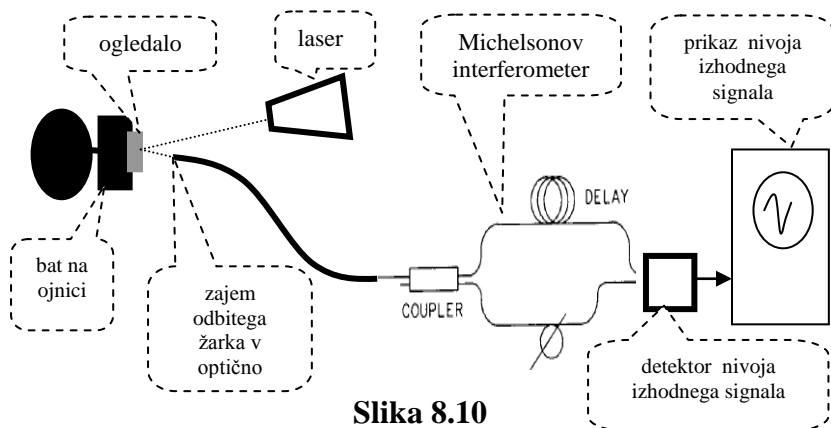
Instrument na vhodnem sklopniku vhodni žarek razcepi na dva žarka in ju po ločenih optičnih vlaknih vodi do izhodnega sklopnika. Tam se valovanji bodisi ojačita, če se srečata v fazi, bodisi izničita, če se srečata v protifazi.

Občutljivost instrumenta na valovno dolžino je odvisna od razlik v dolžini optičnih vlaken v eni ali drugi veji. Dolžini vej se lahko razlikujeta tudi za več metrov.

Instrument je občutljiv na spremembe valovne dolžine, ni pa občutljiv na gibanje oziroma hitrost instrumenta v odnosu na vir elektromagnetnega valovanja. Valovno dolžino meri tudi v primeru gibanja vira svetlobe glede na opazovalca, podobno kot FPI interferometer.

Shematski prikaz meritve

Laser usmeri žarek na ogledalo, nameščeno na gibajočem se bat (kot pri bencinskem motorju). Odbiti žarek prestrežemo v optično vlakno in ga vodimo na občutljiv Michelsonov interferometer. Na izhodu merimo nivo interferenčnega signala.

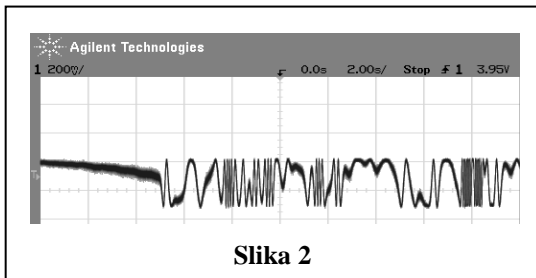


Slika 8.10

Razlika dolžin vej Michelsonovega interferometra je lahko v razredu 10 m. Ob merjenju valovne dolžine svetlobe, ki je v razredu 1 μm , omogoča zaznavanje 10^{-7} relativne spremembe valovne dolžine.

Slika 2 ilustrira primer rezultata interferenčnega signala, izmerjenega na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani v ta namen.

V opisani meritvi odčitke interferenčnega signala odberemo v trenutku, ko je bat z ogledalom v sredini med skrajnima točkama. V



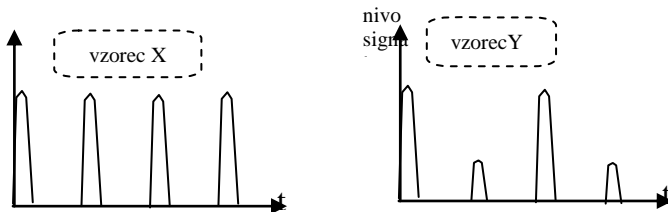
tej poziciji je hitrost ogledala največja. Pri vrtenju bat z ogledalom potuje enkrat v eni smeri, drugič v drugi smeri, kar pomeni enkrat hitrost ogledala naprej,

drugič nazaj.

Pričakovani rezultati meritve

Pričakovan rezultat meritve bo na zaslonu merilnika opazen kot:

- **Vzorec X** z vedno enakimi nivoji interferenčnega signala ob gibanju bata v eno ali drugo smer. Tak rezultat kaže, da hitrost gibajočega bata ne vpliva na valovno dolžino odbitega elektromagnetnega valovanja.
- **Vzorec Y** z izmeničnim spreminjanjem nivoja signala pove, da smer gibanja ogledala, to je hitrost ogledala, vpliva na valovno dolžino odbite svetlobe.



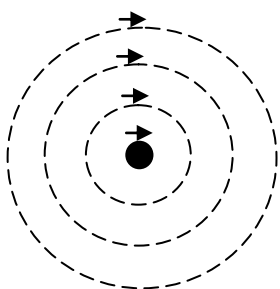
Slika 3

Če z vzorcem X dokažemo, da se ob spreminjajoči frekvenci svetlobe zaradi gibanja ogledala valovna dolžina ne spreminja, to skladno z

enačbo $c = f \cdot \lambda$ nujno pomeni spremembo hitrosti svetlobe v odvisnosti od hitrosti svetila.

Model gibanja elektromagnetnega valovanja

Za konec si skušam ustvariti razumljiv model gibanja valovnih front svetlobe v okoliščinah, ko se s hitrostjo svetila spreminja frekvenca svetlobe, ne spreminja pa se valovna dolžina. Tak predstavitveni model gibanja valovnih front je prikazan na Sliki 4.



Slika 4

Elektromagnetni val se v modelu na Sliki 4 v obliki koncentričnih krogov oddaljuje od vira svetlobe z vedno enako, to je s svetlobno hitrostjo. Oblika krogov ni odvisna od hitrosti opazovalca glede na vir svetlobe.

Kadar se opazovalec giblje glede na vir svetlobe, se približuje ali oddaljuje od koncentričnih krogov valovnih front, odvisno od smeri njegovega gibanja. Gibanje opazovalca pa ne vpliva na

obliko valovnih front okoli vira svetlobe. Vir svetlobe ves čas ostaja v sredini valovnih front, ki se od njega oddaljujejo s svetlobno hitrostjo v pravih koncentričnih krogih.

V prikazanem modelu ostaja razdalja med valovnimi frontami, to je valovna dolžina, vedno enaka, ne glede na hitrost opazovalca. Slednja posledično ne vpliva na valovno dolžino valovanja, kar je skladno z rezultati meritev kometa kot tudi z meritvami Sončevih izbruhov, opisanih v naslednjem poglavju.

Gibanje opazovalca glede na vir svetlobe pomeni, da opazovalec zadeva v valovne fronte različno pogosto (z različno frekvenco). Kadar opazovalec potuje proti valovnim frontam, se te na njegovi poti pojavljajo pogosteje. Ob opazovalčevem oddaljevanju se valovne fronte pojavljajo redkeje, kar je skladno z izmerjeno spremembo frekvence po Dopplerjevem zakonu.

Na Sliki 8.16 prikazano gibanje valovnih front potrjuje spremembe frekvence svetlobe v odvisnosti od hitrosti svetila. V modelu pa ne

opazimo sprememb valovne dolžine kot posledice hitrosti vira svetlobe, kar je skladno z meritvami frekvence in valovne dolžine svetlobe iz gibajočih se virov.

Zaznava frekvence s strani gibajočega se opazovalca

Če mirujoči opazovalec vsako sekundo opazi c/λ valov svetlobnega elektromagnetnega valovanja, jih bo opazovalec, ki se približuje svetilu, zaznal c/λ plus v/λ , to je toliko, za kolikor valovnih dolžin se je zaradi svojega gibanja približal viru svetlobe v eni sekundi. Gibajoči se opazovalec bo posledično zaznal frekvenco $f(1+v/c)$, pri čemer je f frekvenca elektromagnetnega valovanja na lokaciji mirujočega opazovalca, v pa hitrost gibajočega se opazovalca.

Zaključek

Fizika za svojo verodostojnost potrebuje neposredne meritve hitrosti svetlobe iz gibajočega se vira, še posebno zato, ker so poznane merilne metode in tudi tehnologija, ki omogoča izvedbo teh meritev, hitrost svetlobe pa je osnova mnogim teorijam.

Brez neposrednih meritev hitrosti svetlobe iz gibajočega se vira se nevarno oddaljimo od načel fizike in filozofije, ki pravijo, naj naša spoznanja temeljijo predvsem na zaznavah.

Več metod merjenja in več meritev hitrosti svetlobe je zato podanih v naslednjem poglavju, kjer je poudarek na merilnih metodah avtonomnega merjenja valovne dolžine in frekvence svetlobe iz nebesnih teles.