

# Vpliv gibanja svetila na EM lastnosti svetlobe

Franc Rozman,

## Povzetek

*Rezultati meritev zamika spektralne črte svetlobe iz gibljivih virov svetlobe, opisanih v strokovnih člankih, se vrednostno razlikujejo glede na izbor merilnega instrumenta. Fabry-Perotov interferometer (FPI) praviloma ne zazna spremembe valovne dolžine spektralne črte, ki naj bi nastala kot posledice spremembe hitrosti vira svetlobe. Spektrometer na osnovi odklonske mrežice zazna frekvenčni zamik spektralne črte, skladno z Dopplerjevim zakonom. Rezultati kažejo na to, da merilnika nista enako občutljiva tako na frekvenco kot na valovno dolžino svetlobe ter da hitrost svetila drugače vpliva na frekvenco svetlobe, kot na valovno dolžino svetlobe. Če hitrost svetila po drugi zakonitosti vpliva na frekvenco svetlobe, kot na valovno dolžino pa skladno z enačbo  $c=f\lambda$  to pomeni, da hitrost svetila vpliva na hitrosti svetlobe, ki prihaja iz gibajočega vira.*

Ključne besede: FPI, speed of light

## Uvod

Znanost razpolaga z mnogimi članki, ki opisujejo Dopplerjev zamik spektralne črte iz gibljivega vira svetlobe. V tem članku analiziramo te meritve z namenom poglobljanja spoznanj o lastnostih svetlobe.

Za potrebe spoznavanja lastnosti svetlobe za opazovanje izberem take objekte v vesolju, kjer je hitrost objekta enoumno prepoznana po več metodah, na primer na osnovi opazovanja poti opazovanega objekta v času. Po drugo strani naj svetloba iz opazovanega objekta ne bo motena s kakšnimi drugimi pojavi v vesolju. Za opazovanje lastnosti svetlobe torej rabim take objekte, kjer so okoliščine izvora in poti opazovane svetlobe v celoti poznane. Za meritve lastnosti svetlobe lahko izberemo tiste vire svetlobe v našem sončnem sistemu, ki imajo jasno prepoznavne hitrosti.

Za potrebe meritev lastnosti svetlobe se torej izognemo virom svetlobe, kjer obstaja dvom o resnični hitrosti vira svetlobe, ter objektom kjer nastopajo turbulence, velike gravitacije in podobni pojavi, ki dodatno na osnovi drugih zakonitosti lahko vplivajo na lastnosti svetlobe.

## Meritev spektralne črte svetlobe iz kometov in sončevih izbruhov

Primerna tipa objektov za meritve EM lastnosti svetlobe iz gibajočega vira svetlobe so kometi in sončevi izbruhi. Hitrost kometov je v razredu nekaj deset km/s, hitrost sončevih izbruhov pa nekaj sto km/s. Eni in drugi oddajajo zadostno in jasno prepoznavno svetlobo za uspešno meritve zamika spektralne črte.

Če pogledamo meritve spektralne črte iz kometov ali sončevih izbruhov pa opazimo v Tabeli 1 prikazane značilnosti izmerjenih rezultatov.

	na osnovi Fabry-Perotovega interferometra	na osnovi spektrometra, ki temelji na odklonski mrežici
<b>Meritev kometov</b>	<u>Ne pokaže</u> hitrosti kometa sorazmernega zamika spektralne črte	<u>Pokaže</u> hitrosti kometa sorazmeren zamik spektralne črte.
<b>Meritev sončevih izbruhov</b>	<u>Ne pokaže</u> hitrosti sončevega izbruha sorazmernega zamika spektralne črte	<u>Pokaže</u> hitrosti sončevega izbruha sorazmeren zamik spektralne črte.

Tabela 1

V strokovnih člankih, navedenih in komentiranih v nadaljevanju, opazamo izrazite razlike med rezultati meritev zamika spektralnih črt svetlobe iz gibajočih virov svetlobe, enkrat izmerjenih z interferometri (*Fabry-Pérot interferometer*)<sup>1</sup>, drugič s spektrometri na osnovi odklonske mrežice (*EIS EUV Imaging Spectrometer*)<sup>2</sup>.

Fabry-Perotov interferometer (FPI) praviloma ne zazna zamika spektralne črte kot posledice hitrosti kometa ali sončevega izbruha. Zamik spektralne črte v svetlobi iz kometa ali iz sončevega izbruha pa v celoti zazna spektrometer na osnovi odklonske mrežice.

V meritvah, ki so opisane v nadaljevanju, na isti lokaciji merimo svetlobo iz opazovanega gibljivega vira. Del opazovanega svetlobnega žarka zadene v FPI interferometer, del žarka pa v spektrometer na osnovi odklonske mrežice. Razlika izmerjenih rezultatov posledično ne more izhajati iz različnih lastnosti svetlobe.

Razlika izmerjenih rezultatov je lahko le posledica lastnosti merilnikov, na primer različne občutljivosti posameznega merilnika na spremembo frekvence oziroma valovne dolžine merjene svetlobe.

### Meritev sončevih izbruhov

Spektrometer na osnovi odklonske mrežice pokaže, da hitrosti sončevih izbruhov dosegajo do nekaj sto km/s (*New techniques for the characterization of dynamical phenomena in solar coronal images*)<sup>3</sup>. Podobne hitrosti izbruhov lahko ocenimo na osnovi optičnega opazovanja izbruhov skozi teleskop, prikazanih v istem članku.

Po drugi strani FPI interferometer izbruhov v sončevi koroni ne zazna (*Systematic errors in measuring solar magnetic fields with a FPI spectrometer and MDI*)<sup>4</sup>. Članek se v povzetku predvsem posveča možnim razlogom, zakaj FPI ne pokaže pričakovanih rezultatov zamika spektralne črte skladno s hitrostjo opazovanega sončevega izbruha, ter daje smernice in priporočila, kako bi se mogoče lahko dalo obiti nepojasnjeno sistemsko napako, ki onemogoča merjenje sončevih izbruhov s pomočjo FPI interferometra.

Pri tem pa je nedvomno spoznanje, da FPI ne zazna zamika spektralne črte kot posledica hitrosti plazme v sončevem izbruhu.

Če vnaprej ne pričakujemo nekega določenega merilnega rezultata, če nismo miselno obremenjeni s pričakovanim rezultatom meritve, lahko na instrumentu enoumno odberemo rezultat meritve. Izmerjen rezultat kaže, da hitrost izvora svetlobe v primeru sončevih izbruhov ne vpliva na zamik spektralne črte. Za poznavalce je tak rezultat presenetljiv, vendar ga moramo sprejeti kot nedvomno izmerjeno dejstvo.

Izmerjeno neodzivanje FPI interferometra na spremembo hitrosti sončevih izbruhov praviloma kažejo tudi druge podobne poznane meritve. V literaturi ni zaslediti meritev, kjer bi na osnovi FPI interferometra izmerili hitrost sončevih izbruhov. Celo več, FPI interferometer ne pokaže sprememb hitrosti vira svetlobe nikjer, kjer:

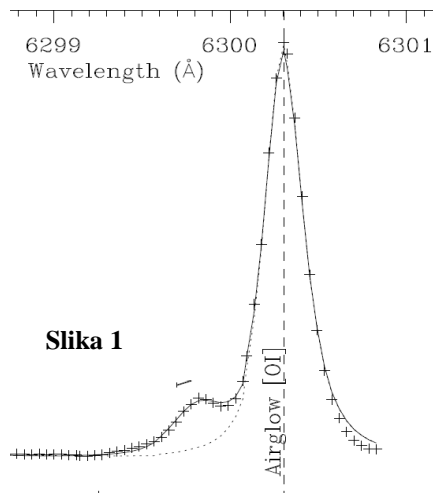
- znamo enoumno z drugimi vzporednimi metodami, neodvisno od FPI interferometra, določiti hitrost vira svetlobe,
- kjer na rezultate meritve ne vplivajo turbulence, rotacije in druga gibanja vira svetlobe<sup>a</sup>,
- kjer se vir svetlobe ne nahaja v močnejših gravitacijskih poljih<sup>b</sup>, to je kjer je gravitacijsko polje med izvorom in ponorom dokaj enovito in homogeno.

<sup>a</sup> Svetlobno EM valovanje se je sposobno povezovati v koherentne verige v primeru enakih valovnih dolžin in podobnih frekvenc svetlobe. Takšno koherentno povezovanje lahko povzroči spremembe valovne dolžine svetlobe. Ta pojav ni predmet tega članka, zato se v tem članku izognemo turbulentnim virom svetlobe oziroma nebesnim telesom s hitro rotacijo.

<sup>b</sup> Prehod svetlobe iz ali v gravitacijsko polje vpliva na spremembo valovne dolžine svetlobe. Posledično zaznamo velike rdeče premike valovne dolžine svetlobe, ki prihaja iz nebesnih teles z veliko gravitacijo. Ker tudi ta pojav ni predmet tega članka, se osredotočimo le na okoliščine neznatnih gravitacij in kjer je se gravitacijsko polje na poti svetlobe od izvora do ponora čim manj spreminja.

### Meritev kometa

Podobne razlike v rezultatih meritve opazimo med meritvami opravljenimi na osnovi FPI interferometra in meritvami opravljenimi s spektrometrom na osnovi odklonske mrežice tudi v primeru meritev svetlobe iz kometa.



Slika 1

Spektrometer na osnovi odklonske mrežice pokaže hitrosti kometa v razredu nekaj deset km/s (*Atomic Oxygen in the Comae of Comets*)<sup>5</sup>. Podobne hitrosti lahko ocenimo tudi na osnovi opazovanja poti kometa s pomočjo teleskopa.

Ko v komet usmerimo FPI interferometer, le ta ne pokaže pričakovanega zamika spektralne črte, kot posledica hitrosti kometa (*Large Aperture 6300A Photometry of Comet Hale-Bopp*)<sup>6</sup>.

Slika 1 kaže diagram izmerjenih rezultatov v glavi kometa Hale-Bopp leta 1997. Diagram prikazuje, da se merjena spektralna črta valovne dolžine 6300,304 Å kot posledica hitrosti kometa ne premakne.

Pojasnilo za dobljen rezultat so avtorji meritve prehitro pripisali pojavu raztresanja svetlobe v smislu, da svetloba iz kometa na poti proti Zemlji zadeva v snovne delce ozračja, ki svetlobo absorbirajo in jo takoj nato oddajo z drugo valovno dolžino. Pojav je poznan pod pojmom *Rayleigh scattering*<sup>7</sup>.

Da izmerjen rezultat merjenja s FPI interferometrom ni posledica Rayleigh-ovega raztrosa svetlobe spoznamo po tem, da Rayleigh-ovega raztrosa ne zazna merilnik spektralne črte na osnovi odklonske mrežice (*GAIA accuracy on radial velocities assessed from a synthetic spectra database*)<sup>8</sup>, kamor na primer usmerimo del tega istega svetlobnega žarka iz kometa kot ga usmerimo v FPI interferometer.

Razlog ne zaznavanja zamika spektralne črte je lahko torej le v lastnostih merilnikov, to je znotraj FPI merilnika in znotraj spektrometra na osnovi odklonske mrežice, ne pa v spremembi valovne dolžine svetlobe v ozračju na poti od kometa do merilnikov.

Zaključimo lahko, da FPI interferometer ne zaznava zamika spektralne črte svetlobe iz kometa kot posledice hitrosti kometa, podobno kot FPI ne zaznava zamika spektralne črte svetlobe s sončevih izbruhov.

### Izmerjen rezultat po eni in drugi metodi je funkcija valovne dolžine oziroma frekvence svetlobe.

V splošnem je izmerjen rezultat meritve zamika spektralne črte s FPI interferometrom neka funkcija dveh parametrov: valovne dolžine in frekvence svetlobe. Funkcijo meritve s FPI interferometrom lahko zapišemo z enačbo  $f_1(f, \lambda)$ . Meritev s spektrometrom na osnovi odklonske mrežice je zaradi drugačne konstrukcije merilnika praviloma druga funkcija frekvence in valovne dolžine, kar opišem z enačbo  $f_2(f, \lambda)$ .

V laboratorijskih razmerah lahko preizkusimo občutljivost enega in drugega instrumenta tako, da v vsak instrument posvetimo z laserjem in spreminjamo valovno dolžino in frekvenco svetlobe. V laboratorijskih razmerah tako FPI interferometer kot spektrometer pokaže spremembe valovne dolžine oziroma frekvence svetlobe.

Vsak od instrumentov je torej preverjeno občutljiv bodisi na frekvenco svetlobe, bodisi na valovno dolžino svetlobe ali na oboje. Ni pa nujno, da je vsak od instrumentov občutljiv na oboje, tako na spremembo frekvence kot tudi na spremembo valovne dolžine svetlobe. Zaradi svoje konstrukcije je vsak od instrumentov lahko občutljiv tudi le na eno spremenljivko.

### Frekvenca in valovna dolžina svetlobe se različno odzivata na spremembo hitrosti izvora svetlobe.

Spektrometer na osnovi odklonske mrežice pokaže hitrosti vira svetlobe. Meritev torej kaže, da se s spremembo hitrosti vira svetlobe spreminja najmanj ena lastnost svetlobe: frekvenca ( $f$ ) oziroma valovna dolžina svetlobe ( $\lambda$ ), lahko pa obe.

V laboratorijskih razmerah preverjen FPI interferometer kaže, da je FPI interferometer občutljiv najmanj na eno lastnost svetlobe, frekvenco ali valovno dolžino.

Ne odzivanje FPI interferometra na spremembe hitrosti vira svetlobe pa kaže na dvoje:

- da je rezultat odčitani na interferometru odvisen le od ene lastnosti svetlobe  $f$  ali  $\lambda$  ter
- da se ta lastnost svetlobe s spremembo hitrosti izvora svetlobe ne spreminja.

Nobena druga kombinacija ne omogoča ne odzivanja interferometra na spremembo hitrosti vira svetlobe. Če bi se ob spremembi hitrosti izvora svetlobe spreminjali obe spremenljivki bi to laboratorijsko preverjen FPI interferometer nedvomno pokazal.

### Hitrost vira svetlobe vpliva na hitrost svetlobe.

Na osnovi opisanih meritev lahko zaključimo, da se s hitrostjo vira svetlobe zanesljivo spreminja ena lastnost svetlobe oziroma spremenljivka: frekvenca ali valovna dolžina, druga spremenljivka pa se s spremembo hitrosti vira svetlobe zanesljivo ne spreminja.

Ker se s hitrostjo izvora svetlobe spreminja le ena spremenljivka, ne pa obe, to spoznanje skladno z enačbo  $c=f\cdot\lambda$  pomeni, da hitrost svetila vpliva na hitrost svetlobe iz gibajočega vira.

### Hitrost svetlobe iz gibajočega vira ni izmerjena

Spoznanje o spreminjanju hitrosti svetlobe zahteva, da pregledamo rezultate meritev hitrosti svetlobe skozi čas.

V zadnjih sto letih so bile na mnogo načinov ponovljene meritve hitrosti svetlobe iz 'mirujočega' vira svetlobe (*How is the speed of light measured?*)<sup>9</sup>, to je vira svetlobe, ki miruje glede na opazovalca. V omenjenem zapisu so prikazane meritve hitrosti svetlobe: leto: 1676; avtor: *Olaus Roemer*; metoda: Jupiter's satellites, 1726; *James Bradley*; Stellar Aberration; 1849; *Armand Fizeau*; Toothed Wheel, 1862; *Leon Foucault*; Rotating Mirror; 1879; *Albert Michelson*; Rotating Mirror<sup>10</sup>; 1907; Rosa, Dorsay; *Electromagnetic constants*; 1926; *Albert Michelson*; *Rotating Mirror*; 1947; *Essen, Gordon-Smith*; Cavity Resonator, 1958; *K. D. Froome*; Radio Interferometer; 1973; *Evanson et al*; Lasers, 1983; Adopted Value.

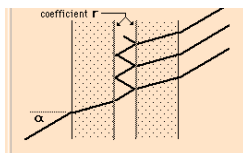
Omenjen zapis ne omenja, da bi bile opravljene meritve hitrosti svetlobe iz gibajočega vira, čeprav za take meritve obstaja tako tehnološke možnosti kot merilne metode<sup>c</sup>.

Rezultati meritve o obstoju etra, ki sta jo pred več kot sto leti izvedla Michelson in Morley, dokazujejo ne obstoj etra, kot medija za prenos svetlobe. Strokovni članki pa si niso enotni v tem, ali rezultati te meritve kažejo tudi v vseh razmerah enako hitrosti svetlobe. Predvsem sodobni članki in drugi strokovni zapisi, (*Michelson–Morley experiment – Wikipedia*)<sup>11</sup> ne omenjajo rezultatov te meritve v smislu merjenja hitrosti svetlobe, ki prihaja iz gibajočega vira svetlobe.

Neposredna meritev hitrosti svetlobe iz gibajočega vira, ki bi enoumno in nedvomno odgovorila na vprašanje o hitrost svetlobe iz gibajočega vira v strokovni javnosti torej ne obstaja. V vseh razmerah enaka hitrost svetlobe, četudi ni enoumno izmerjena, je osnova mnogim fizikalnim zakonitostim. Meritev hitrosti svetlobe iz gibajočega vira svetlobe si torej zasluži, da bi bila opravljena celo na več načinov in da z dobljenimi rezultati bodisi potrdimo bodisi ovržemo hipotezo o v vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe.

### Zasnova Fabry perotovega interferometra kaže, da je interferometer občutljiv na spremembe valovne dolžine ne pa na spremembe frekvence svetlobe.

FPI interferometer ustvarja interferenco na osnovi večkratnega odboja svetlobe med dvema vzporednima ploščama.



Slika 2

V Fabry-Perotovem interferometru je za interferenco pomembno koliko celih valov se nahaja med ploščama interferometra, ne pa kako hitro se valovi med ploščama izmenjavajo. Posledično to pomeni, da je interferometer občutljiv na valovno dolžino, ne pa na frekvenco svetlobe.

Iz rezultatov meritev torej lahko sklepamo, da hitrost svetila po Dopplerjevemu zakonu vpliva na frekvenco svetlobe, ne vpliva pa na valovno dolžino svetlobe.

<sup>c</sup> Poznane to tri metode: avtonomna meritev valovne dolžine in frekvence svetlobe iz kometa ali sončevega izbruha, kot je pojasnjeno v nadaljevanju ter dve laboratorijski meritvi, na osnovi meritve interference laserskega žarka.

## Hitrost svetlobe

Hitrosti svetlobe iz mirujočega vira je izmerjeno vedno enaka in jo določa konstanta  $c$ .

Na osnovi:

- spreminjanja frekvence svetlobe iz gibajočega vira po Dopplerjevem zakonu,
- na osnovi vedno enake valovne dolžine svetlobe, ne glede na hitrost izvora svetlobe ter
- na osnovi enačbe  $c=f\lambda$ .

pa lahko zaključimo, da je hitrost svetlobe na ponoru, ki prihaja iz gibajočega vira enaka vektorska vsota hitrosti svetlobe iz mirujočega vira in hitrosti izvora svetlobe.

## Povzetek

Meritve hitrosti svetlobe iz gibajočih virov so možne tako na osnovi merjenj svetlobe iz nebesnih teles, na način, kot je opisano v tem članku, kot tudi v okviru laboratorijskih meritev (*Latentno vesolje – Hitrost svetlobe*)<sup>12</sup>.

Namen tega članka je opozoriti na neskladnosti hitrosti svetlobe iz gibajočega vira. Fizika za svojo verodostojnost potrebuje neposredne meritve hitrosti svetlobe iz gibajočega vira, ki naj bi bile izvedene celo na več načinov, še posebno ker so poznane merilne metode in tudi tehnologija, ki omogoča izvedbo teh meritev.

---

<sup>1</sup> Fabry-Pérot interferometer <http://en.wikipedia.org/wiki/Fabry-Perot>

<sup>2</sup> EIS EUV Imaging Spectrometer – Overview [http://solar-b.nao.ac.jp/eis\\_e/](http://solar-b.nao.ac.jp/eis_e/)

<sup>3</sup> Eva Robbrecht: **New techniques for the characterization of dynamical phenomena in solar coronal images**. Katholische Universiteit Leoven Feb. 2007 <http://wis.kuleuven.be/cpa/phdtheses/eva.pdf>

<sup>4</sup> Astrophysikalisches Institut Potsdam: A. Settle., T. A. Carroll, I. Nickelt, W. W. Hansen Experimental Physics Laboratory, Center for Space Science and Astrophysics, Stanford University A. A. Norton, April 2001 Systematic errors in measuring solar magnetic fields with a FPI spectrometer and MDI

<http://www.aanda.org/index.php?option=article&access=bibcode&bibcode=2002A%2526A...386.1123SFUL>

<sup>5</sup> University of Texas, Anita L. Cochran, Atomic Oxygen in the Comae of Comets

<http://barolo.as.utexas.edu/anita/oxygen2.pdf>

<sup>6</sup> Large Aperture 6300A Photometry of Comet Hale-Bopp [http://wisp.physics.wisc.edu/~jpmorgen/hale-bopp/index\\_old.html](http://wisp.physics.wisc.edu/~jpmorgen/hale-bopp/index_old.html) oziroma [http://www.psi.edu/~jpmorgen/pdf/jpmorgen02\\_hale-boppOI\\_poster.pdf](http://www.psi.edu/~jpmorgen/pdf/jpmorgen02_hale-boppOI_poster.pdf)

<sup>7</sup> Rayleigh scattering Wikipedia - [http://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh\\_scattering](http://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh_scattering)

<sup>8</sup> Tomaž Zwitter - *GAIA accuracy on radial velocities assessed from a synthetic spectra database*

[http://arxiv.org/PS\\_cache/astro-ph/pdf/0202/0202312v2.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/astro-ph/pdf/0202/0202312v2.pdf)

<sup>9</sup> Philip Gibbs 1997 - **How is the speed of light measured?**

[http://math.ucr.edu/home/baez/physics/Relativity/SpeedOfLight/measure\\_c.html](http://math.ucr.edu/home/baez/physics/Relativity/SpeedOfLight/measure_c.html)

<sup>10</sup> The Newcomb-Michelson Velocity of Light Experiments Eos, American Geophysical Union, No 37, Sept 2002

<http://www.geosensing.ce.ufl.edu/pubs/newcomb/newcomb.pdf>

<sup>11</sup> Michelson–Morley experiment - Wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Michelson-Morley\\_experiment](http://en.wikipedia.org/wiki/Michelson-Morley_experiment)

<sup>12</sup> Franc Rozman - Latentno vesolje – Hitrost svetlobe <http://www.anti-energija.com/svetloba.pdf>