

Franc Rozman

Svetloba pod drobnogledom fizike



Povzetek

Hitrost svetlobe je osnovna fizikalna konstanta. Podaja hitrost, s katero se le-ta širi v praznem prostoru. Fizikalna veda svetlobi določa vedno enako hitrost tudi kadar to z meritvami ni utemeljeno. Knjižica izpostavlja meritve, kako magnetno polje, gravitacije in hitrosti vira svetlobe vplivajo na hitrost svetlobe.

Predgovor

Naslovnica ilustrira leta 1997 opravljeno meritev¹ svetlobe, ki prihaja s kometa Hale-BOPP. Rezultati meritve kažejo, kot je podrobneje razloženo v drugem poglavju, da hitrost kometa ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. Svetloba s kometa prihaja z valovno dolžino, kot če bi komet miroval. S hitrostjo kometa pa se spreminja frekvenca svetlobe. Od hitrosti kometa odvisna frekvenca svetlobe glede na enačbo $c = f \cdot \lambda$ pomeni, da hitrost kometa vpliva na hitrost svetlobe. V enačbi se namreč s hitrostjo kometa spreminja frekvenca svetlobe, ohranja pa se valovna dolžina.

Uvodni izzivalni zapis praviloma v bralcu ustvari odklonilen odnos. Navedena meritev ustvarjajo dvom o nečem, o čemer se ne razpravlja, to je o vedno enaki hitrosti svetlobe v praznem prostoru. Bralci si praviloma ne želijo nečesa, kar bi motilo njihov pogled na hitrost svetlobe. Knjižica zaradi čisto človeških razlogov torej ne bo sprejemljiva za vsakogar.

¹ V strokovnih člankih je meritev podrobno opisana. Eden od osrednjih člankov je *6300 Large Aperture Photometry of Comet Hale-BOPP*. Analizo izmerjenih rezultatov sem leta 2011 objavil pod naslovom *The EM properties of light* na WSAS konferenci v Benetkah. Kratek povzetek te analize je podan v tretjem poglavju te knjižice.

Po drugi strani fizika omenjene meritve ne sme in ne more spregledati. Fizika je lahko verodostojna le pod pogojem, če zna pojasniti in zagovarjati rezultate vseh meritev.

Omenjena meritev je celo temeljnega pomena in ključna za fiziko. Meritev namreč izkazuje, da hitrost vira svetlobe, to je hitrost kometa, vpliva na hitrost svetlobe. To pa je v nasprotju s pogledi aktualne fizike.

Bralec je tu na razpotju. Lahko se izogne stresom, zamahne z roko in tovrstna vprašanje prepusti drugim. Lahko pa se zave pomena rezultatov omenjene meritve, kar mu ustvari željo poglobljanja v podrobnosti gibanja svetlobe.

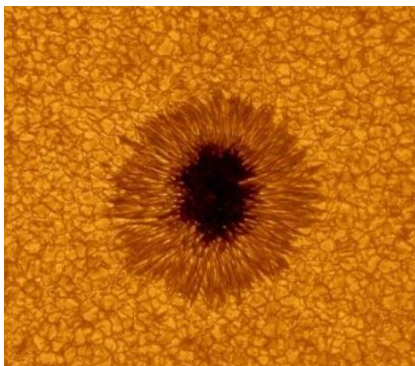
V knjižici je opisana množica še drugih meritev, ki potrjujejo na naslovnici prikazano spoznanje. Svetlobi neupravičeno pripisujemo omejitve in jo v svoji predstavi ukalupljamo v okvire vedno enake hitrosti svetlobe. V naši predstavi osvobojena svetloba iz teh okvirov lahko razširi in poglobi naš pogled na vesolje.

V knjižici je podan poenostavljen kroven pogled na posamezne in izbrane naravne pojave, vezane predvsem na hitrost svetlobe. V opisih so izpostavljene ključne lastnosti svetlobe, izpuščene pa podrobnosti, da bi bila krovna slika posameznega pojava, kolikor je mogoče, enostavna in s tem razumljiva čim širšemu krogu bralcev.

1

Vpliv magnetnega polja na hitrost svetlobe.

Na Soncu opažamo temne lise. Te lise so sončeve pege. Opažamo jih, ne moremo pa jih meriti na kraju samem, Sonce je predaleč. O njihovem izvoru predvsem ugibamo, postavljamo hipoteze.



Fotografija sončeve pege

Ena od hipotez pravi, da so sončeve pege hladnejša področja na Soncu. Ohladitev Sonca naj bi bila posledica močnih magnetnih polj. Na lokaciji sončeve pege opažamo močna magnetna polja. Magnetno polje naj bi toploti preprečevalo dostop iz notranjosti Sonca na površje.

To pa ni edina možna hipoteza o sodčevih pegah. Nekatera opažanja namreč ustvarjajo dvom o opisani razlagi. Barva sence in barva

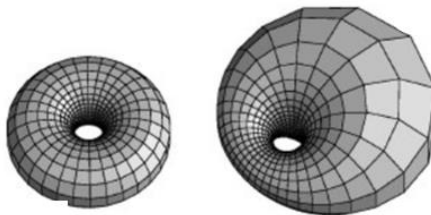
polsence na sončevi pegi na primer ne odraža nižje temperature. Tudi oster prehod svetlosti sončeve pege med senco in polsenco ustvarja dvom o temperaturi površja, kot razlog nastanka sončeve pege. Po pričakovanjih bi morali biti v primeru različnih temperatur ti prehodi bolj zvezni.

Ti pomisleki nas vzpodbujajo v iskanje še kakšne razlage izvora sončevih peg. Nove razlage ne pomenijo podcenjevanja ali zavračanja obstoječe hipoteze. Skušamo le razširiti razmišljanja s še kakšno alternativno hipotezo.

V mislih se mi poraja na primer naslednje razmišljanje o nastanku sončevih peg, ki pa v okviru vedno enake hitrosti svetlobe ni željeno.

Vprašam se, ali morda magnetno polje na lokaciji sončeve pege neposredno vpliva na elektromagnetno (EM) valovanje, to je na nastajanje in gibanje svetlobe.

Svetlobni val je nihanje električnega in magnetnega polja. Magnetno polje znotraj svetlobnega vala ima obliko torusa, prikazanega na levi strani slike.



Torus magnetnega polja, ki sestavlja svetlobni val

Ko se magnetno polje svetlobnega vala znajde v zunanjem magnetnem polju, kot ga opažamo na lokaciji sončeve pege, magnetni polji delujeta drugo na drugo. Prihaja do zlivanja obsežnega zunanjega

magnetnega polja in miniaturnega torusa magnetnega polja v svetlobnem valu. Zunanje magnetno polje popači obliko torusa magnetnega polja svetlobnega vala, kot kaže desna stran na sliki.

Svetlobni val se na različne načine odziva na zunanja magnetna polja. V skrajnem primeru, če so popačitve torusa magnetnega polja svetlobnega vala prevelike, zunanje magnetno polje lahko celo onemogoči tako nastajanje kot širjenje svetlobnega valovanja oziroma svetlobe skozi ekstremno močno magnetno polje.

Morda je sončeva pega posledica neposrednega vpliva magnetnega polja na svetlobno valovanje na področju sončeve pege.

Ko se proti robu sončeve pege zmanjša moč magnetnega polja, se iznenada ustvarijo pogoji za nastajanje in gibanje svetlobe. Posledično nastane ostra meja med senco in polumeso sončeve pege.

V področju polumese je magnetno polje še vedno močno, zato ustvarja popačenja torusov magnetnega polja v svetlobnem valu. Ta popačenja pa preusmerjajo in krivijo poti svetlobnih valov v različne smeri. Posledica krivljenja svetlobe, s tem pa raztrosa svetlobe pod vplivom magnetnega polja, je nastajanje polumes sončeve pege.

Obe hipotezi, hlajenje Sonca ali neposredni vpliv magnetnega polja na svetlobno valovanje sta le hipotezi, ki brez meritev pomenita le ugibanje. Znanost išče dokaze za eno ali drugo hipotezo.

-

Hipoteza o vplivu magnetnega polja na obnašanje svetlobe je podana bralcu v izziv. Vsak pri sebi lahko oceni, kaj mu pomenita dve vzporedni hipotezi.

Naša narava ne prenese dveh enakovrednih hipotez. Kadar neposrednih dokazov ne najdemo, v ospredje stopi naša težnja, da se odločimo in privzamemo eno od njih. Do obeh hipotez ne ostanemo ravnodušni. Nekaj v naši zavesti nas podzavestno sili, da privzamemo eno od hipotez, drugo pa zavržemo.

Odločitve niso nujno razumske. Največkrat niso razumske. Pogosto ne morejo biti razumske, ker nimamo dokazov. Odločimo se za eno od hipotez, pri tem pa niti ne vemo, zakaj smo se odločili ravno za izbrano hipotezo.

Pri takem odločanju so argumenti oziroma dokazi drugotnega pomena. Ko se navežemo na eno od hipotez, bomo zanesljivo našli dokaze, ki bodo zadovoljile naše potrebe po dokazovanju izbrane hipoteze. Pri tem stopnja objektivnosti dokazov ni pomembna.

Bolj ustvarjalno od prehitrega navezovanja na neko hipotezo, je tolerantno obravnavanje več hipotez. Smiselno se je učiti iz vsake od njih. Večja vrednota je analitična obravnava množice hipotez, kot pa prehitro navezovanje na eno od njih. Vsaki hipotezi lahko ocenimo stopnjo zaupanja, pri tem pa nobene hipoteze ne podcenjujemo, tudi tiste ne, ki si zasluži majhno stopnjo zaupanja.

Tako razumsko odzivanje ni vgrajeno v našo zavest. Naša narava je nagnjena k hitremu odločanju. Razumno in tolerantno raziskovanje hkrati več hipotez, je lahko le nekaj hotenega in načrtovanega.

-

Meritev sončevih peg kot rečeno ne moremo napraviti na Soncu, lahko pa podobne meritve opravimo na Zemlji. Za oceno prve hipoteze lahko neko žarečo snov izpostavimo močnemu magnetnemu polju in ugotavljamo, kako to magnetno polje hladi to žarečo snov.

Za oceno druge hipoteze pa lahko svetlobo usmerimo v magnetno polje ni ugotovljamo, kako to magnetno polje vpliva na gibanje svetlobe.

Meritev vpliva magnetnega polja na hitrost svetlobe lahko opravimo na način, ki se uporablja v merilniku za merjenje toka v električnih daljnovodih. Merilnik² deluje na osnovi merjenja jakosti magnetnega polja ob žici daljnovođa. Magnetno polje ob daljnovodu pa je posledica električnega toka v daljnovodu.

Svetlobni impulz na sliki potuje od oddajnika preko svetlobnega (optičnega) vlakna³ do sprejemnika. Na delu poti se optično vlakno približa žici električnega daljnovođa. Magnetno polje, ki ga povzroča električni tok v daljnovodu, vpliva na čas potovanja svetlobnega impulza med oddajnikom in sprejemnikom.



Meritev tehnološko ni zahtevna. Omenjen merilnik in rezultat meritve pa kaže, da magnetno polje ob daljnovodu vpliva na hitrost svetlobe v svetlobnem vlaknu.

² Merilnik električnega toka v daljnovodu je opisan v članku *Optical Current Sensors for High Power*.

³ Svetlobno (optično) vlakno je tanka steklena nitka, ki v naše domove prinaša televizijski in internetni signal.

Če preveč ponotranjim v vseh razmerah enako hitrost svetlobe, verjamem le to, da električni tok daljnovoda oziroma posledično magnetno polje ob daljnovodu ne vpliva na hitrost svetlobe v optičnem vlaknu ob daljnovodu. Tako razmišljanje pa ni upravičeno, saj v praksi merimo tok v daljnovodih na ta način. Vstajanje na vedno enaki hitrosti svetlobe me odvrta od meritev hitrosti svetlobe v magnetnem polju. Vsako izogibanje neposrednim meritvam pa je oviranje znanosti.

Meriti ali ne meriti je večja dilema, kot se nam zdi na prvem pogled. Vedno enaka hitrost svetlobe v praznem prostoru je nepogrešljiv temelj drugim fizikalnim zakonitostim, na primer teorije relativnosti. Za določene fizikalne teorije bi bilo lahko pogubno že to, če bi sprejeli idejo o preverjanju tega temelja na osnovi merjenja hitrosti svetlobe v magnetnem polju, sploh če bi meritev pokazala, da magnetno polje vpliva na hitrost svetlobe, na katerih temelji merilnik toka v daljnovodih.

Načrtovalci merilnika električnega toka v daljnovodih načrtujejo v ozki specialnosti in se niti ne ozirajo na splošna spoznanja fizike. Strokovni članki praviloma pojave opisujejo specializirano na ozka področja in to v podrobnosti. Kadar se zmote skrivajo v krovnem pogledu na pojave, jih na osnovi raziskovanj zgolj specialnosti težko odkrijemo. Zaradi velike pozornosti na drevesa, ne vidimo gozda.

Posamezni fiziki opažajo te naprave in prepoznajo odstopanja od mnenj aktualne fizikalne vede. Posameznikovo zavedanje pa ne zadošča, da bi ozavestil v določeno prepričanje usmerjene množice.

2

*Valovna dolžina svetlobe s kometa ni odvisna od
hitrosti kometa.*

Zanesljiv odgovor na vprašanja o hitrosti svetlobe je v neposrednih meritvah. Pozornost namenim meritvi svetlobe s kometa Hale-BOPP⁴, ki je bila opravljena leta 1997.



Diagram na spodnji sliki prikazuje svetlost spektralne črte kisika v odvisnosti od valovne dolžine svetlobe. Izstopata sta dva vrhova svetlosti, izrazit desni vrh svetlosti in manj izrazit vrh na levi strani. V tem poglavju se posvetim izstopajočemu desnemu vrhu svetlosti spektralne črte, levi manj izrazit vrh pa je opisan kasneje v četrtem poglavju.

⁴ 6300 Large Aperture Photometry of Comet Hale-BOPP

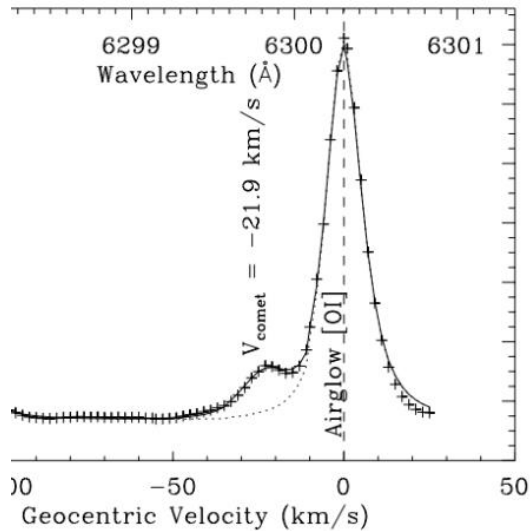
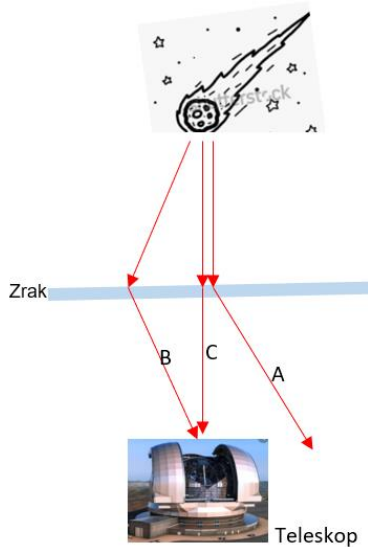


Diagram kaže, da hitrost kometa praviloma ne vpliva na valovno dolžino svetlobe s kometa.

V opisu meritve je vedno enaka in od hitrosti kometa neodvisna valovna dolžino svetlobe pojasnjena tako, da svetloba s kometa v ozračju zadeva v molekule zraka. Le te jo vsrkajo in jo takoj nato oddajo s tako valovno dolžino, kot da komet miruje (*Rayleigh scattering*). Meritev je opravljena v temi, zato molekule zraka lahko zadeva le svetloba s kometa in zvezd.

Taka razlaga pa ni verjetna, kar pojasnim na naslednji skici.



Svetlobni val s kometa se po absorpciji v atomu zraka in takojšnjem izsevanju z atoma usmeri v naključni smeri. Skica prikazuje tri primere.

V primer A svetlobni val potuje do zraka, kjer ga atom zraka vsrka in takoj izseva v naključni smeri. Ta svetlobni val je zgubljen za teleskop. Drug primer je svetlobni val B, ki ga komet izseva v poljubni smeri, atom pa ga vsrka in slučajno izseva v smeri teleskopa. Tudi ta svetlobni val je zgubljen za teleskop, ker teleskop svetlobne valove sprejema v zelo ozkem kotu v smeri kometa. Primer C, ko atom svetlobni val naključno izseva tako, da le ta ne spreminja svoje smeri. Ta primer izsevanja svetlobnega vala pa je med vsemi primeri tako redek, da ustvarja tako šibek svetlobni tok, da ga teleskop ne zazna. Pri drset minutnem kotu teleskopa se svetlost žarka C zmanjša na 10^{-7} svetlosti kometa.

Komet lahko opazujemo tudi s satelitov z vesolja. Če primerjamo svetlobni tok v meritvi z Zemlje z meritvami s satelita, na osnovi jakosti svetlobnega toka lahko ugotovimo, da svetlobni žarki na Zemljo prihajajo neposredno s kometa, brez opaznega absorbiranja in ponovnega izsevanja s strani molekul zraka.

Podobno meritev so izvedli na satelitu SOHO, s to razliko, da so v tem primeru merili svetlobo z brbotajoče sončeve korone. Tudi v primeru merjenja valovne dolžine svetlobe s sončeve korone so izmerili, da hitrost korone, ki znaša nekaj deset km/s ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. Pravzaprav ni znane meritve, kjer bi merilnik valovne dolžine (FPI interferometer) pokazal vpliv hitrosti vira svetlobe na valovno dolžino svetlobe.

Sliko kometa v teleskopu nam kažejo tisti svetlobni žarki, ki prihajajo neposredno s kometa, brez absorbiranja in ponovnega izsevanja. To pa pomeni, da hitrost kometa ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. Valovna dolžina svetlobe s kometa je enaka ne glede na hitrost kometa.

Drugače je, ko merimo frekvenco svetlobnega valovanja s kometa. V tem primeru izmerimo, da hitrost kometa vpliva na frekvenco svetlobe. Meritve kažejo, da hitrost kometa po Dopplerjevem zakonu vpliva na frekvenco svetlobe, ne vpliva pa na valovno dolžino svetlobe. Svetlobi namreč lahko ločeno merimo frekvenco in valovno dolžino.

$$c = f \cdot \lambda.$$

Hitrost svetlobe določa produkt frekvence (f) in valovne dolžine (λ) svetlobe. Spreminjanje frekvence ob enaki valovni dolžini pa pomeni različne hitrost svetlobe.

Večina nas brez ustreznih meritev meni drugače. Menimo da hitrost kometa ne vpliva na hitrost svetlobe. Tako mnenje pa je lahko ovira pri nadaljnjem raziskovanju svetlobe.

Ovire pri raziskovanju fizikalnih pojavov po težavnosti v splošnem lahko razvrstimo v več stopenj.

Odkritja lahko zahtevajo dolgotrajna, zahtevna in natančna mejenja. To oviro je v fizikalni vedi še najlažje prebroditi. Težje je takrat, kadar rešitve iščemo v več smereh, od katerih mnoge niso uspešne. Vnaprej niti ne moremo oceniti, kakšen bo rezultat raziskave in ali rezultat sploh lahko pričakujemo. Največja ovira pri novih odkritjih pa je naša navezanost na obstoječa prepričanja. Če so v nas zasidrana morebitna zmotna prepričanja, skorajda ni možnosti za odpravo teh zmot. Vedno bomo našli rešitev, na primer v smislu absorpcije in re emitiranja svetlobe s strani molekule zraka, čeprav taka razlaga presoje ne vzdrži.

3

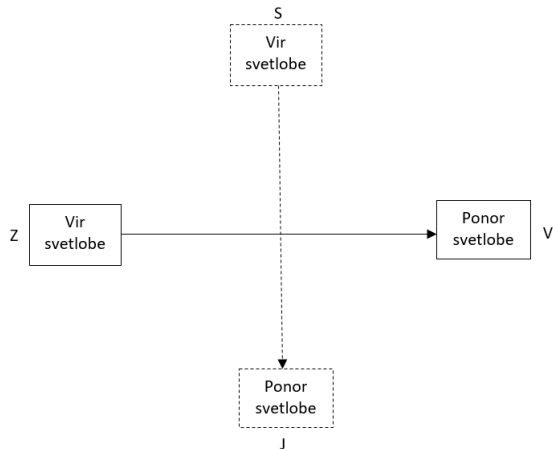
Michelson - Morleyeva meritev hitrosti svetlobe

V literaturi opisane meritve hitrosti svetlobe so bile praviloma opravljene med mirujočim virom svetlobe ter mirujočim ponorom. Svetloba ni bila izpostavljena izrazitim magnetnim ali gravitacijskim poljem. V takih razmerah meritve kažejo, da svetloba potuje s hitrostjo, ki jo določa konstanta c .

V strokovni literaturi pa ne najdemo meritev, ki bi enoumno kazale, kakšna je hitrost svetlobe v magnetnem ali gravitacijskem polju. Privzeta je hipoteza, da magnetno polje in gravitacija ne vplivata na hitrost svetlobe. V strokovni literaturi tudi ne najdemo meritev v razmerah, ko se giblje vir svetlobe.

Meritve hitrosti svetlobe v navedenih okoliščinah so izvedljive in tehnološko niso zahtevne. Ovira pri izvajanju meritev je le naklonjenost meritvam.

Pred več kot sto leti sta fizika Michelson in Morley merila, ali v praznem prostoru obstaja neka nevidna snov - *eter*, ki bi lahko vplivala na hitrost svetlobe. Izdelala sta merilnik, prikazan na skici.



Merila sta hitrost svetlobe na poti med mirujočim virom in mirujočim ponorom svetlobe. Svetloba v prvem primeru potuje v izbrani smeri, vseeno kateri smeri, na primer od zahoda proti vzhodu. Kasneje sta svoj instrument obrnila za 90 stopinj in meritev ponovila.

V obeh primerih sta izmerila enako hitrost svetlobe. Ugotovila sta, da v praznem prostoru ni nečesa, na primer etra, ki bi vplival na hitrost svetlobe. Izmerila sta, da eter ne obstaja.

Meritev je v strokovni javnosti vzbudila veliko pozornost in tudi različno razumevanje rezultatov njune meritve. Mnogi jo razumejo kot meritev hitrosti svetlobe med gibajočim virom in ponorom svetlobe, čeprav v njuni meritvi ni nič gibajočega, ni gibajočega vira ali ponora svetlobe. Rezultati njune meritve v ničemer ne odražajo, kako gibanje vira ali ponora vpliva na hitrost svetlobe. Fiziki so se razdelili in celo sprli glede pojmovanja hitrosti svetlobe. Eni so zagovarjali potrebo po objektivnih meritvah vpliva gibajočega vira svetlobe na hitrost svetlobe, drugim pa je zadoščala Michelsonova meritev in so na osnovi nje privzeli v vseh

razmerah enako hitrost svetlobe. Ni jih motilo, da Michelsonova meritev teh vplivov ne meri.

Mit o v vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe v vakuumu je privlačen. Skupaj s teorijo relativnosti je obšel svet, razklanost v fiziki pa se še vedno nadaljuje.

Protesti so še posebej opazni na svetovnem spletu. Opazimo ostre polemike na temo hitrosti svetlobe (in teorije relativnosti). Nobena druga znanost ni tako pod udarom kritik.

Spopadi med različnimi idejami v fiziki ni izjema. Spopadi so del naše narave in se dogajajo v vsej zgodovini na vseh področjih, tudi na področju fizike in astronomije. Spomnimo se lahko Italijanskega redovnika, filozofa, matematika, pesnika, kozmološkega teoretika *Giordano Bruno*, ki je bil leta 1600 sežgan na grmadi zaradi svojega pogleda na zgradbo vesolja. Polemike tudi niso le stvar preteklosti. Danes se na primer dogajajo na področju razumevanja hitrosti svetlobe.

Podcenjevanje nasprotnih idej in boj med njimi pa ni edina možnost sobivanja različnih idej. Izhod iz krize idej je v strpnem odnosu do različnih pogledov. Različni pogledi so lahko vrednota.

Sodobno Evropo sestavlja več enakopravnih narodov. Evropa vzpodbuja spoštovanje in cenjenje sosedov, kar se izraža že v spoštovanju jezika vsakega naroda. Taka Evropa v medsebojnem spoštovanju nudi napredek.

Vprašajmo se, ali nekaj podobnega lahko dosežemo med različnimi pogledi na tako ali drugačno dojemanje fizikalnih hipotez.

Današnja fizikalna veda ima še mnoge priložnosti, da na področju sobivanja različnih fizikalnih pogledov ustvari sožitje. Branilci enih hipotez ponujajo ene dokaze, izzivalci pa druge. Eni in drugi se praviloma čustveno odločajo, katerim argumentom bodo prisluhnili, katere pa zavrnili. Predvsem pa eni in drugi zavračajo in podcenjujejo argumente drug drugih.

Obstajajo celo meritve, ki lahko pojasnijo dileme glede neke hipoteze, pa jih eni ali drugi zavračajo, če ocenijo, da bi take meritve lahko ogrozile njihov pogled na hipoteze.

Ko na primer obravnavamo nemerljive ali težko merljive pojave, je razumljivo, da se pojavi več različnih hipotez. Napredek v razvoju lahko pričakujemo, če se bomo posvetili vsem hipotezam. Iz njih lahko luščimo nova objektivna spoznanja, balast pa zavržemo. To pa lahko dosežemo le tako, da ene in druge hipoteze sprejemamo kot dobroto, ne glede na to, koliko posameznim hipotezam lahko zaupamo. Nobena hipoteza ne sme biti obremenjena s posmehom ali zaničevanji.

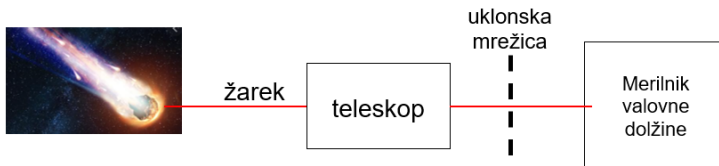
Rešitev vprašanja in konec preprirov o hitrosti svetlobe je seveda le v neposrednih meritvah svetlobe. Veliko takih meritev še ni bilo opravljena in čaka boljših časov.

Neposredne meritve praviloma dopuščajo le eno nedvoumno razlago merilnih rezultatov in s tem enoumno opisujejo hitrosti svetlobe v različnih okoliščinah. Kjer pa meritve niso možne, pa je napredek znanosti možen v strpnem sprejemanju množice hipotez.

4

Uklonska mrežica vpliva na hitrost svetlobe

Še nekaj so opazili pri meritvi svetlobe s kometa Hale-BOPP leta 1997. Svetlobo s kometa so na merilnik valovne dolžine usmerjali preko teleskopa.

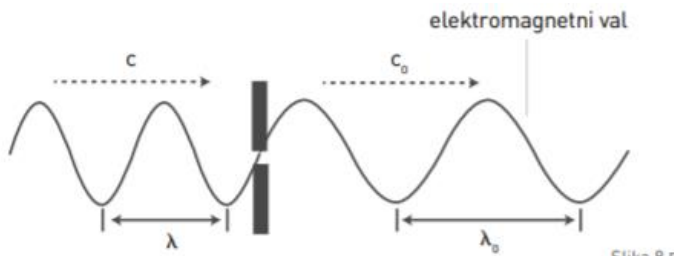


Če med teleskopom in merilnikom valovne dolžine ni uklonske mrežice, hitrost kometa ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. Izmerjena valovna dolžina je vedno enaka, ne glede na hitrost kometa, kar je pojasnjeno v drugem poglavju.

Ko pa so med teleskop in merilnik valovne dolžine svetlobe vstavili uklonsko mrežico, pa so na merilniku izmerili valovno dolžino svetlobe, ki je bila odvisna od hitrosti kometa. Uklonska mrežica je spremenila valovno dolžino svetlobe. Opisan učinek so odkrili slučajno. Med teleskop in merilnik niso nameravali vstaviti uklonske mrežice. Mrežico so vstavili iz drugega razloga, zato da so na njej opazovali sliko, ki jo teleskop pošilja v merilnik valovne dolžine. Na mrežici so opazovali, kam je usmerjen teleskop.

Svetlobi elektromagnetni (EM) val je prostorsko zaokrožen energijski voz. To pomeni, da ima električno in magnetno polje svetlobnega

vala določene prostorske razsežnosti. Ravno tako ima vsaka reža v uklonski mrežici neko velikost. Izberem torej režo, ki je v velikostnem razredu svetlobnega vala.



Svetlobni val ima neko optimalno obliko energijskega polja. Notranje sile električnega in magnetnega polja jo skušajo ohranjati na vsej svoji poti. Kadar svetlobo spustimo skozi režo primerne velikosti, svetlobni val reže ne more neovirano preiti. Svetlobni val zadene ob njen rob, ta pa popači obliko EM polja svetlobnega vala. Po prehodu svetlobe skozi režo, sile električnega in magnetnega polja EM vala ponovno uredijo v optimalno obliko EM polja, kot mu jo določajo Maxwellovi zakoni. Po prehodu EM polja skozi režo se dogaja nekaj podobnega, kot se dogaja ob nastanku svetlobnega EM vala.

Svetlobni EM val na izvoru svetlobnega vala praviloma ustvari nek snovni delec. EM val po nastanku zapusti ta snovni delec v praznem prostoru s svetlobno hitrostjo glede na delec, ki jo določa konstanta c .

Uklonska mrežica do takšne mere popači svetlobni EM val, da se le-ta začne oblikovati na podoben način, kot ob nastanku. Tako kot ob nastanku svetlobnega EM vala, svetlobni val tudi uklonsko mrežico zapusti s svetlobno hitrostjo, ne glede na vpadno hitrost svetlobe na uklonsko mrežico. Sprememba hitrosti se odraža v spremembi valovne dolžine. Frekvenca svetlobe na uklonski mrežici se ohranja.

Sprememba valovne dolžine svetlobe ob nespremenjeni frekvenci pa pomenita spremeni hitrosti svetlobe na uklonski mrežici.

Svetloba s kometa prispe glede na Zemljo s hitrostjo, ki je enaka konstanti c povečani za hitrost kometa. Z uklonske mrežice po popačitvi in ponovni rekonstrukciji EM vala le-ta izide v obliki in s hitrostjo, kot v primeru nastanka novega EM vala. Z uklonske mrežice svetlobni val torej izide s hitrostjo, ki je enaka konstanti c , ne glede na vpadno hitrost.

Vpadna svetloba na eni strani uklonske mrežice ima torej drugačno hitrost, kot odhajajoča svetloba na drugi strani uklonske mrežice.

Taka razmišljanja o hitrosti svetlobe pa lahko naletijo na čustva. Le-ta so pogosto tako močna in tako odločilna, da fizikalna veda zanemarja meritve, ki bi lahko enoumno odgovorile na te nejasnosti.

Izpostavljanje v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe v vakuumu ustvarja odpor do tehnološko izvedljivih meritev, katerih merilni rezultati bi lahko enoumno odgovorili na vprašanja o hitrosti svetlobe.

Zamislil si, da sem v blodnjaku in se rešujem iz njega. Nobeno izsiljeno iskanje izhoda me ne odreši, če tam ni izhoda. Smiselno je le strpno raziskovanje zgradbe blodnjaka in se na vsakem razpotju preudarno odločati.

Nekaj podobnega je tudi pri raziskovanju hitrosti svetlobe. Kadar v družbi omenjam hitrost svetlobe z gibajočega vira svetlobe, praviloma naletim na čustven odgovor v smislu: »Vse je jasno. Hitrost vira svetlobe ne vpliva na hitrost svetlobe.« Tako stališče ob zavračanju meritev je podobno zaletavanju v stene blodnjaka.

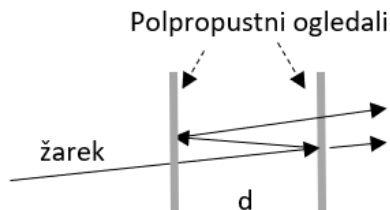
5

Merilnik ločenega merjenja valovne dolžine in frekvence svetlobe.

V strokovni literaturi ni zapisov o merilnikih, ki bi ločeno merili frekvenčni zamik in ločeno spremembo valovne dolžine svetlobe. Zasnovo takega merilnika podaja to poglavje.

Meritev valovne dolžine svetlobe

Valovno dolžino svetlobe meri v literaturi opisan Fabry–Pérot interferometer (FPI). Skica prikazuje način delovanja FPI.

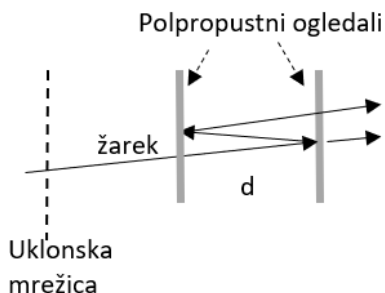


FPI sestavljata dve polpropustni ogledali. Žarek preide prvo ogledalo in se na drugem ogledalu razcepi tako, da se del žarka odbije, del pa nadaljuje pot. Odbiti žarek se ponovno odbije od prvega ogledala, se vrne do drugega ogledala in delno preide drugo ogledalo.

Oba žarka ki preideta drugo ogledalo, se za ogledalom združujeta in ustvarjata interferenco. Interferenco ustvarjata v primeru, če sta valovanji žarkov v fazi. Žarka sta v fazi, kadar je valovna dolžina žarkov mnogokratnik razdalje d med ogledaloma. Na osnovi poznavanja

okolščin, ki ustvarjajo interferenco, merimo valovno dolžino svetlobe. Rezultat meritve ni odvisen od frekvence svetlobe, odvisen je zgolj od valovne dolžine.

Meritev frekvenčnega zamika svetlobe



Meritev frekvenčnega zamika opravimo v dveh korakih oziroma z dvema vzporednima meritvama. V prvem koraku po zgoraj opisanem postopku izmerimo valovno dolžino svetlobe. V drugem koraku pred FPI namestimo uklonsko mrežico, ki valovni dolžini v primeru frekvenčnega zamika spremeni valovno dolžino, kot je opisano v prejšnjem poglavju. Valovno dolžino izmerimo še za uklonsko mrežico. Sprememba valovne dolžine je sorazmerna s frekvenčnim zamikom.

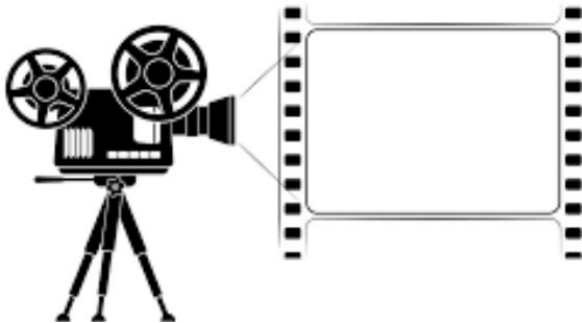
V primeru meritev spektralne črte svetlobe z vesolja s prvo meritvijo izmerimo spremembo valovne dolžine. V tej meritvi frekvenca ne vpliva na rezultat meritve. V drugi meritvi pa izmerimo frekvenčni zamik, tudi na osnovi sprememb valovne dolžine za uklonsko mrežico.

6

*Ob vedno enakí hitrostí svetlobe bí býe spektrálne
črte v svetlobí z vesolja nevidné.*

Tudi naslednja meritev kaže, da gibanje vira svetlobe ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. Izhodišča za meritev ilustriram na primeru.

Zamislím si projektor, ki osvetljuje zaslon. Projektor osvetljuje celoten zaslon z izjemo ene same pikice. Ta pikica ostaja temna.



V drugem koraku pred zaslon postavim sto projektorjev. Vsi projektorji v isto točko projicirajo temno pikico. Ker pikice ne osvetljuje noben od projektorjev, pikica ostaja temna in vidna.

V tretjem koraku sto projektorjev naključno, vsak na svoj način, premika lokacije svoje temne pikice na zaslonu. Tokrat temna pikica na zaslonu ni zaznavna. Pikica, ki jo v nekem trenutku ne osvetljuje en projektor, jo osvetljuje sto drugih projektorjev.

Atomi na Soncu sevajo svetlobo pestrih barv in pestrih valovnih dolžin. Obstajajo pa ozka področja valovnih dolžin (barv), kjer pa atomi ne sevajo svetlobe. Taka neosvetljena področja valovnih dolžin imenujemo spektralne črte. Te spektralne črte zavzemajo zelo majhen pas svetlobnega spektra. V laboratorijskih meritvah je širina spektralne črte v razredu 10^{-14} m. Tako temno področje v spektru barv si lahko zamislimo kot pikico na omenjenem zaslonu.

V sončevi koroni se atomi, ki oddajajo svetlobo, gibljejo s hitrostmi nekaj deset km/s in več.

Ker na Zemljo prispe vedno enaka valovna dolžina svetlobe, ne glede na hitrosti atomov na Soncu, ki oddajajo svetlobo, se spektralna črta vedno pojavi pri isti valovni dolžini in s tem le-ta ostane prepoznavna.

Če bi se valovna dolžina spektralne črte po Dopplerjevem zakonu selila po spektru barv zaradi različnih hitrosti atomov, bi vsak atom na ponoru ustvarjal spektralno črto druge valovne dolžine. V svetlobi s Sonca ne bi zaznali spektralnih črt. Prepoznavne spektralne črte so posledica vedno enake valovne dolžine na Zemljo prispele svetlobe, neodvisne od hitrosti atomov na Soncu.

Drugače bi bilo, če bi bila hitrost svetlobe vedno enaka, ne glede na hitrost atoma, ki odda svetlobni val. V tem primeru bi zaradi različnih hitrosti atomov na Soncu spreminjala tako frekvenca kot tudi valovna dolžina spektralne črte. Spektralne črte bi se pojavljale naključno po spektru sem in tja na področju, širokem do tisoč širin spektralne črte.

Spektralna črta bi bila neprepoznavna. Valovne dolžine svetlobe, ki je ne bi osvetljeval en atom, bi jo sočasno osvetljevalo tisoč drugih atomov.

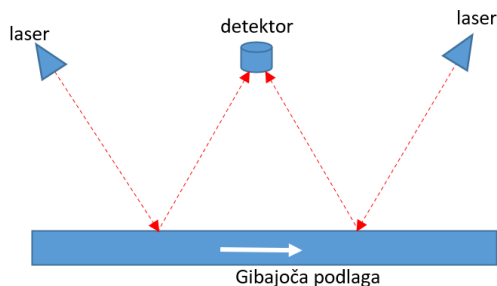
Četudi hitrost nebesnega telesa ne vpliva na valovno dolžino svetlobe, hitrosti nebesnih teles še vedno lahko merimo na osnovi frekvenčnega zamika spektralne črte. Frekvenčni zamik spektralne črte se dogaja neodvisno od sprememb valovne dolžine.

Ohranjanje valovne dolžine svetlobe pri spreminjanju frekvence svetlobe je prepričljiv argument, da hitrost vira svetlobe vpliva na hitrost svetlobe.

7

Odboj svetlobe od prečno gibajoče podlage vpliva hitrost svetlobe po odboju.

Podjetje Canon izdeluje in trži brezkontaktni merilnik hitrosti gibanja podlage LV20Z. Merilnik meri hitrost tekočega traku na osnovi odbite svetlobe od gibajočega traku. Poenostavljeno sliko merilnika LV20Z prikazuje shema.



Laserja oddajata frekvenčno in fazno usklajena svetlobna žarka. Žarka pod kotoma padeta na gibajočo podlago in se od nje odbijeta. Na detektorju se oba žarka srečata in združita. Detektor meri vsoto oziroma interferenco odbitih žarkov.

Detektor pri poljubni konstantni hitrosti traku zazna enaki frekvenci obeh žarkov. Če bi bila odbita žarka različnih frekvenc, bi interferenčni

signal na detektorju utripal. Hitrost utripanja bi bila enaka razliki frekvenc enega in drugega žarka.

Signal na detektorju ne utripa, kar pomeni, da sta frekvenci obeh odbitih žarkov enaki pri kateri koli hitrosti podlage. Odboj svetlobe posledično ne vpliva na frekvenci odbitih žarkov.

Na detektorju pa se pojavlja fazni zamik med žarkoma, ki je odvisen od hitrosti podlage. Merilnik meri hitrost podlage na osnovi faznega zamika med žarkoma. Fazni zamik pomeni, da en žarek prehiteva drugega. Koliko en žarek prehiteva drugega, je odvisno od hitrosti gibajoče podlage.

Fazni zamik je posledica sprememb valovne dolžine enega in drugega žarka. Enemu žarku se valovna dolžina poveča, drugemu pa zmanjša.

Spreminjanje valovne dolžine in ohranjanje frekvence svetlobe v enačbi $c = f \cdot \lambda$ pomeni, da se ob odboju spremeni hitrost svetlobe.

Ob tej meritvi je opazna in izstopa izredna iznajdljivost človeškega duha pri pojasnjevanju teh rezultatov. Ob ustreznem premetavanju izmerjenih rezultatov lahko utemeljimo katero koli fizikalno prepričanje.

Pogosto se dogodi, da razpravljavec v duhu svojega prepričanja tako manipulira in zavozla svojo razlago, da se v razumevanju razlage zgublja tako razpravljavec kot tudi poslušalec. Utemeljevanje obema postane bolj ali manj nerazumljivo. Po koncu razprave vsak odide s prepričanjem, da merilni rezultati potrjujejo ravno njegovo zgodbo.

Takih zgodb je lahko veliko, takih ali drugačnih. Zgolj za ilustracijo navajam eno od njih. Zagovornik v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe pride na idejo, da se zaradi hitrosti podlage po teoriji relativnosti spremeni razdalja med detektorjem in podlago. Enemu

detektorju se razdalja do podlage poveča, drugemu pa zmanjša. Fazni zamik bi lahko bil poledica različnih razdalj enega in drugega detektorja do gibajoče podlage.

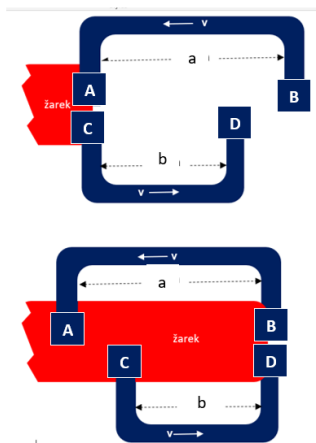
Zagovornik različnih hitrosti odbite svetlobe enega in drugega žarka ga opozori, da v teoriji relativnosti hitrost vpliva tako na razdaljo kot tudi na valovno dolžino svetlobe. Različni spremembi valovnih dolžin odbitih žarkov svetlobe ob izmerjeno v obeh primerih enaki frekvenci žarkov, pomeni različni hitrosti žarkov.

Na tem mestu zagovornik vedno enake hitrosti svetlobe najde naslednji. Ko omagata, zaključita razpravo in se razideta, kot rečeno vsak s svojim prepričanjem.

8

Hitrost svetlobe je odvisna od sistema opazovanja.

Slika prikazuje dve kotvi. Na gornji kotvi sta opazovalca A in B, na spodnji kotvi pa opazovalca C in D. Kotvi se gibljeta druga ob drugi, levo in desno, kot kažeta puščici. Gornja skica prikazuje trenutek oziroma dogodek, ko sta poravnana opazovalca A in C. Sočasno z njuno poravnavo do opazovalcev prispe svetlobni žarek. Spodnja skica prikazuje naslednji dogodek čez nekaj časa, ko sta poravnana opazovalca B in D, obenem pa svetlobni žarek prispe do njiju.



Opazovalci na svojih urah zaznavajo absolutni čas. Kadar pa opazovalec iz ene kotve opazuje uro na drugi kotvi, zaradi medsebojne hitrosti zazna relativni čas.

Postavim naslednjo omejitev: Vsak od opazovalcev ves čas meritve opazuje le svojo uro. Noben opazovalec v tej meritvi ne opazuje časa na nasprotni kotvi.

Opazovalca A in B na svojih urah zaznata enako hiter tek časa, kot opazovalca C in D na svojih urah. Za vse opazovalce, ki čas merijo na svojih urah, od enega do drugega dogodka poteče enako časa. Ta čas med dogodkoma označim s t_s .

Pot žarka na gornji kotvi pa ni enaka poti žarka na spodnji kotvi. Opazovalca A in B izmerita, da v času t_s žarek prepotuje razdaljo a , opazovalca C in D pa izmerita, da žarek v enakem času prepotuje razdaljo b . Glede na gornjo kotvo je hitrost svetlobe izražena z enačbo a/t_s , glede na spodnjo kotvo pa z enačbo b/t_s . Posledično ima svetloba glede na gornjo kotvo drugačno hitrost, kot glede na spodnjo kotvo.

V fiziki se pogosto poudarja, da ima svetloba enako hitrost ne glede na sistem opazovanja (kotvo).

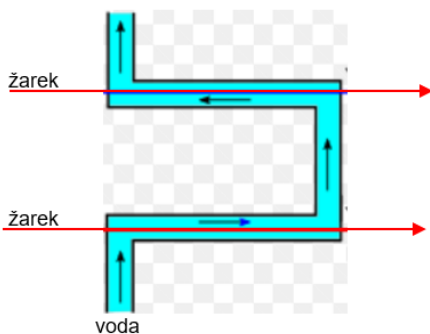
Če neko trditev slišimo večkrat in v različnih okoliščinah, tako trditev sprejmemo in ponotranjimo kot stvarno dejstvo. Ne potrebujemo dokazov za tako trditev, čeprav je lahko tudi zmotna, kot nam kaže gornji primer.

Hitrost svetlobe je odvisna od sistema opazovanja ne glede na to, da nasprotna trditev v fiziki predstavlja enega od temeljev fizike.

9

Hitrost medija vpliva na hitrost svetlobe.

Hippolyte Fizeau je leta 1851 skozi stekleno cev napeljal tok vode. Skozi cev s tekočo vodo je usmeril dva žarka. Gornji žarek potuje v nasprotni smeri tekoče vode, spodnji žarek pa v smeri tekoče vode.



Meril je, kako hitrost tekoče vode v stekleni cevi vpliva na hitrost svetlobe. Meritev je opisana v članku *Fizeaujev eksperiment*.

Ugotovil je, da v mediju (vodi, steklu, ...) na hitrost svetlobe vplivata tako lomni količnik medija n kot hitrost gibanja medija v ; v tem primeru hitrost vode. Hitrost svetlobe v gibajočem mediju je zapisal v enačbi.

$$w_{\pm} = \frac{c}{n} + v \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

Pri meritvi je bolj kot vrednost, s katero hitrost tekoče vode vpliva na hitrost svetlobe, zanimiva oblika enačbe. V enačbi se namreč pojavi parameter hitrosti vode v .

Hitrosti vodnega toka v je odvisna od sistema opazovanja, to je od hitrosti opazovalca, ki opazuje vodo. Kadar opazovalec miruje, je hitrost vode enaka v . Če se opazovalec giblje ob toku s hitrostjo toka vode, tok vode ob njem miruje. Opazovalec ima lahko poljubno hitrost glede na tok vode. Kakšno hitrost ima voda glede na opazovalca, je torej odvisno od sistema opazovanja, to je od hitrosti opazovalca.

Parameter hitrosti vode je torej odvisen od hitrosti opazovalca. Ker se parameter hitrosti vode v pojavi v enačbi za hitrost svetlobe, je od hitrosti opazovalca odvisna tudi hitrost svetlobe v vodnem toku. To pa je v nasprotju z zapisi aktualne fizike, ki govorijo, da hitrost svetlobe ni odvisna od sistema opazovanja.

Opisan argument je razumljiv in prepričljiv. Kako se na tako razlago odzove nekdo, ki zagovarja od opazovalca neodvisno hitrost svetlobe?

Ljudje se združujemo v take ali drugačne skupine. Te skupine so lahko formalne ali neformalne. Skupina ima običajno neko idejo oziroma zgodbo in vodjo. Taka združevanje ljudi na idejni ravni je tudi združevanje okrog zgodbe o hitrosti svetlobe in teorije relativnosti.

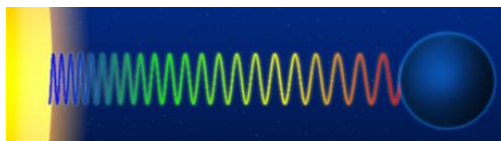
Ljudje se vključujemo v skupino tako, da sprejemamo ideje in mnenje skupine. Skupina nas sprejme, če skupina opaža, da smo njihovi somišljeniki. Za potrjevanje skupnih idej nas celo nagrajuje.

Zagovorniki od hitrosti opazovalca neodvisne hitrosti svetlobe se zato ne posvečajo tu navedenim argumentom. Predvsem iščejo argumente za dokazovanje in ohranjanje svojih pogledov. S takim pristopom po eni strani krepijo trdnost skupine, po drugi strani pa utrjujejo svoje mesto v skupini.

10

Vpliv gravitacije na hitrost svetlobe.

Pozornost namenim hitrosti svetlobe, ki prihaja z masivnega nebesnega telesa, na primer s Sonca.



Ločeno merim frekvenco in ločeno valovno dolžino spektralne črte v svetlobi s Sonca. Omenjena meritev tehnološko ni zahtevna, kljub temu pa v strokovni literaturi ni članka, ki bi se posebej posvečal tej meritvi. O rezultatih te meritve lahko sklepamo zgolj na osnovi podobnih meritev. Meritve pokažejo, da gravitacija vpliva na valovno dolžino svetlobe, ne vpliva pa na njeno frekvenco.

Einstein je leta 1916 objavil Splošno teorijo relativnosti, v kateri je pojasnil, da prisotnost mase v prostoru vpliva na razdalje in tek časa. Masa oziroma gravitacija ukrivi štirirazsežni prostor. Njegova teorija predpostavlja, da se svetloba v gravitacijskem polju štirirazsežnega prostora giblje vedno z enako hitrostjo. To izhodišče pa se razlikuje od meritev frekvence, ki se z gravitacijo ne spreminja in valovne dolžine, ki se spreminja z gravitacijo. Oboje pomeni vpliv gravitacije na hitrost svetlobe v trirazsežnem prostoru.

Matematični model teorije relativnosti ni vprašljiv. Matematično skladno opisuje nek svet. Vprašanje je le o tem kaj opisuje, ali opisuje nam zaznavni svet, ali nek namišljen imaginarni svet. Sprašujem se, v kakšni meri nam teorija relativnosti olajša razumevanje hitrosti svetlobe v trirazsežnem prostoru.

Fizika raziskuje in pojasnjuje nam zaznavne pojave. Ljudje zaznavamo trirazsežni prostor. Namen fizike je v tem, da nam pojave pojasni v nam zaznavnem trirazsežnem prostoru. Dogajanje v štirirazsežnem prostoru nam neposredno ni zaznavno.

V nam zaznavnem trirazsežnem prostoru gravitacija vpliva na krivljenje svetlobe ob masivnem nebesnem telesu. Ustvarja radialni pospešek na svetlobo. Gravitacija ravno tako vpliva na hitrost svetlobe, ki prihaja z masivnega nebesnega telesa. Gravitacija svetlobi zmanjšuje hitrost.

Štirirazsežen prostor zaradi opisovanja nam neposredne nezaznavnih pojavov, lahko umestimo na obrobje področja fizike. Teorija relativnosti nam celo oteži razumevanje hitrosti svetlobe. Hitrost svetlobe pojasnjuje kot vedno enako, čeprav so rezultati meritve drugačni. Na osnovi teorije relativnosti lahko napačno sklepamo, da gravitacija v trirazsežnem prostoru ne vpliva na hitrost svetlobe.

Človek v svoji naravi teži k presežnosti in k mistiki. Kadar se nam določena spoznanja izmikajo in oddaljujejo, se nehote zatekamo v mistiko. Štirirazsežen prostor je mističen prostor, saj nam ni neposredno zaznaven. Tuj je našim predstavam. S privzemanjem teorije relativnosti se fizika oddaljuje od znanosti in na tem področju prehaja v mistiko.

Mistika nas vzpodbuja, da vzpostavimo neposreden stik s tem kar nam je prikrito, z nadnaravnim, da pogledamo čez. Wittgenstein pa nas ob

tem opozarja, da smemo zavreči logiko in razumsko raziskovanje, ki nas pelje na prag mističnega šele takrat, ko smo izmerili in na logičnem nivoju raziskali vse, kar je možno merititi in logično pojasniti. Tudi mistika na področju znanosti, če že posegamo po njej, naj temelji na izkustvu sicer nevidnega, vseeno pa objektivnega sveta.

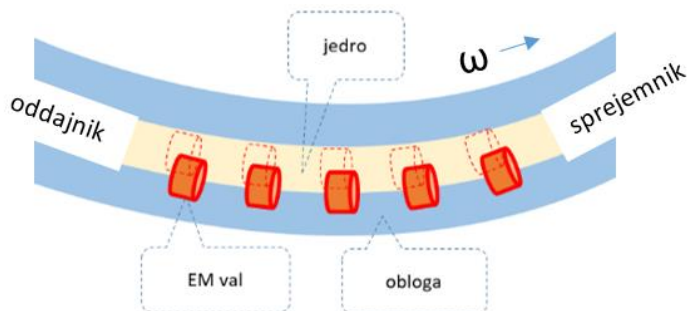
Na področju gravitacije se moramo vprašati, ali smo res opravili vse fizikalne meritve, ki nam jih tehnologija omogoča, ali pa smo prezgodaj stopili v svet mistike. Mistika je namreč zelo mejno, če ne čezmejno področje znanosti.

Einstein s svojo teorijo relativnosti posega v mistiko, sodobna fizika pa mu sledi. Mistika je v znanosti zelo nevarna predvsem zato, pa ima velik čustven naboj. Mistika se zasidra v zavesti ljudi in tako rekoč prepreči nadaljnji razvoj vede.

11

Radialni pospešek vpliva na hitrost svetlobe v optičnem vlaknu.

Optično vlakno je steklena nitka, ki v naše domove prinaša TV signal. Sestavljeno je iz steklenega jedra in steklene obloge, kot kaže slika. S krivljenjem optičnega vlakna ali z vrtenjem koluta, kamor je navito optično vlakno, ustvarjamo radialni pospešek na svetlobo, ki se giblje v njem.



Radialni pospešek delno izmakne svetlobne valove iz jedra v oblogo optičnega vlakna. Kolikor večji je radialni pospešek, toliko več svetlobnega vala se giblje po oblogi. Lomni količnik obloge je manjši od lomnega količnika jedra, to pa svetlobnemu valu poveča hitrost.

Izmerjena hitrost svetlobe v optičnem vlaknu se povečuje sorazmerno z radialnim pospeškom na svetlobo. Ta učinek je prvi izmeril in opisal fizik Sagnac leta 1913.

Fiziki se po njegovi meritvi niso sprejeli, da bi bil radialni pospešek vzrok spremembe hitrosti svetlobe v optičnem vlaknu. Deset let so iskali tako razlago rezultatov njegove meritve, kjer bi merilne rezultate pojasnili brez sprememb hitrosti svetlobe. Zavračali so misel, da bi Sagnac meril vpliv radialnega pospeška na hitrost svetlobe.

Po desetih letih so zapisali, da sprejemnik in oddajnik svetlobnega signala krožita in se s tem gibljeta. Ko oddajnik odda signal, se v času, ko je svetlobni signal na poti do sprejemnika, sprejemnik premika in s tem spreminja dolžino poti žarka. To pa naj bi bil razlog za spremembo časa preleta žarka med oddajnikom in sprejemnikom. Taka razlaga ohranja idejo o enaki hitrosti svetlobe, ne glede na radialni pospešek.

Radialni pospešek v svetlobnem vlaknu lahko spreminjamo z vrtenjem koluta optičnega vlakna, kar je počel Sagnac, lahko pa tudi tako, da ukrivimo mirujoče optično vlakno. Tudi ukrivljenost optičnega vlakna ustvarja radialni pospešek na hitro gibajočo svetlobo v njem.

V primeru krivljenja optičnega vlakna se sprejemnik ne oddaljuje od oddajnika, oba mirujeta. Meritev kljub temu pokaže, da je hitrost svetlobe ob krivljenju vlakna odvisna od radialnega pospeška. Ni pomembno, ali radialni pospešek na svetlobo ustvarjamo z vrtenjem koluta optičnega vlakna ali s krivljenjem optičnega vlakna, v obeh primerih je rezultat enak.

Meritev vpliva krivine optičnega vlakna na hitrost svetlobe je bila opravljena nedavno. Rezultati še niso objavljeni v strokovni literaturi. Razlog čakanja na objavo ni tehnološke narave, saj meritev ni zahtevna. Razlog za časovno odmikanje objave meritve in merilnih rezultatov je čustvene narave, predvsem so to dvomi o takem ali drugačnem razumevanju hitrosti svetlobe. Pričakovani merilni rezultati v smislu, da radialni pospešek ne vpliva na hitrost svetlobe, preveč

odstopa od objektivno izmerjenih rezultatov, ki kažejo vpliv radialnega pospeška na hitrost svetlobe.

Dokler fizike enostranski pogled na hitrost svetlobe ne ovira, dokler nas ne motijo nepričakovane in pogosto celo mistične lastnosti vesolja, z aktualnim pogledom na hitrost svetlobe ni nič narobe. Mnogi ob njem celo doživljajo svojo izpolnitev.

Ko pa bomo spoznali, da brez objektivnih meritev hitrosti svetlobe in brez objektivnega poznavanja hitrosti svetlobe ne bomo razvozlali skrivnosti vesolja, ne bo potrebno posebnih naporov za bolj stvaren pogled na svetlobo. Želja po odkrivanju stvarnega vesolja bo kar sama od sebe ustvarile pogoje, da bo fizika izmerila hitrost svetlobe v različnih okoliščinah in jo iz mističnega pojmovanja prestavila med stvarna spoznanja.

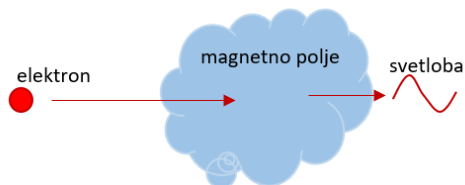
12

Iskanje meritev, ki bi dokazovale vedno enako hitrost svetlobe.

Ko raziskujemo hitrost svetlobe, se moramo z empatijo in poglobljeno posvetiti vsem utemeljitvam, predvsem tudi tistim, ki zagovarjajo aktualno mnenje fizike v smislu, da ima svetloba v vakuumu vedno enako hitrost.

Ob iskanju dokazov, predvsem ob iskanju meritev, naletimo na skromnost meritev. Skorajda ni neposrednih meritev, ki bi dokazovale v vseh razmerah enako hitrost svetlobe. Med zelo redkimi meritvami lahko najdemo naslednjo.

Novembra 2011 so v Moskvi merili hitrosti svetlobe, ki jo ustvari gibajoči elektron, ob vstopu v magnetno polje (Measuring speed of the light emitted by an ultrarelativistic source – E. B. Aleksandrov, P. A. Aleksandrov, V. S. Zapasskii, V. N. Korchuganov, A. I. Stirin).



Rezultat meritve pokaže, da svetloba zapusti magnetno polje s svetlobno hitrostjo ne glede na hitrost elektrona, ki vstopi v to polje in

ustvari svetlobo. Avtorji so zapisali, da so merili hitrost svetlobe, ki prihaja s hitro gibajočega vira svetlobe.

Magnetno polje, v katerega zaide elektron je statično, miruje in se ne premika. Ko elektron zaide v tako mirujoče magnetno polje, v njem ustvari turbulence magnetnega polja. Lokalno razburkano magnetno polje se po prehodu elektrona umirja. V mnogih primerih se magnetno polje lokalno umiri, v nekaterih primerih pa te magnetne turbulence ustvarijo svetlobni val, naključno, odvisno od načina in jakosti vzburjenja magnetnega polja.

Elektron neposredno ne ustvari svetlobnega vala. Elektron ustvarja turbulence v mirujočem magnetnem polju in tu se konča vloga elektrona. Turbulence magnetnega polja pa neodvisno od elektrona v nekaterih primerih ustvarijo svetlobni val. Hitrost elektrona torej nima neposredne povezave s hitrostjo nastalega svetlobnega EM vala.

Opisana meritev posledično ne meri hitrosti svetlobe iz gibajočega vira.

Meritev je bila tehnološko zahteva in je s tem zahteva ustrezno finančno podporo. Finančna podpora je bila zagotovljena, ker je meritev obetala krovni dokaz o vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe.

Meritev je imela napako že v sami zasnovi meritve, zato meritev ni mogla postreči s pričakovanimi rezultati. Meritev je kljub temu našla mesto med strokovnimi članki, saj si izvajalci meritev niso mogli privoščiti priznanja, da njihova meritev ne more postreči s pričakovanimi rezultati.

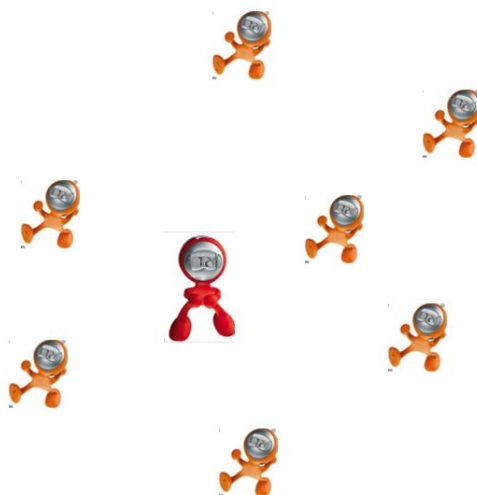
13

Pojavi teorije relativnosti ne omogoča meritev hitrosti svetlobe.

Mezon je nestabilen pod atomski delec. Življenjska doba mezon (π^+), kadar miruje, je 18 ns. Če pa se mezon ob nastanku giblje z veliko hitrostjo, živi v povprečju veliko dlje, kot to predvideva teorija relativnosti.

Osnovo teorije relativnosti ilustrira paradoks dvojčkov. V miselnem poskusu se en dvojček z raketo odpelje v vesolje, drug dvojček pa ostane na Zemlji. Teorija relativnosti pravi, da se dvojček v raketi stara počasneje od dvojčka na Zemlji. Dvojčku v raketi čas teče počasneje.

Miselni poskus razširim na več vesoljčkov. Zamislim si, da se v svoji raketi vozim v gruči vesoljčkov. Vsak vesoljček ima svojo raketo in z njo potuje po vesolju. Drug glede na drugega se gibljemo z različnimi hitrostmi v različnih smereh.



Zamislim si koordinatni sistem, v katerem mirujem. Ob meni mirujoča ura v raketi kaže tek časa, kot nam ga kažejo ure na Zemlji. Tudi drugi vesoljčki mirujejo vsak v svojem sistemu opazovanja in tudi drugi vesoljčki na svojih urah zaznajo enak tek časa, kot ga zaznavam jaz v svoji raketi, oziroma kot ga zaznavajo zemljani.

Drugače je, kadar opazujemo drug drugega. Vsi se namreč gibljemo drug glede na drugega. Iz svojega sistema opazovanja opazim, da ura vesoljčka zaostaja. Informacijo o teku njegove ure dobivam preko svetlobe, ki pa ima omejeno hitrost gibanja.

Svetloba z njegove ure za pot do mene rabi nekaj časa in kasnitev svetlobe mi ustvari občutek, da njegova ura zaostanja.

Vsak od vesoljčkov se glede name giblje z drugo hitrostjo. Po teoriji relativnosti pri vsakem od njih zaznavam drugačen tek časa, odvisen od njegove hitrosti glede name. Pri njih zaznavam relativne teke časov.

Mene opazujejo drugi vesoljčki. Na osnovi teorije relativnosti vsak od njih na moji uri zazna drugačen tek časa. Kakšen tek časa zaznava vsak od njih, je odvisno od moje hitrosti glede na vsakega od njih.

Mnogi relativni časi, kot jih na moji uri zaznavajo drugi vesoljčki, name ne vplivajo, niti jih ne zaznam. Vse okrog mene zaznavam skladno z mojim tekom časa. Njihovi pogledi na mojo uro so le njihovi prividi mojega časa. Transformacija časa in prostora sta privida.

Privid oziroma iluzija je na primer tudi mavrica, ki jo vidim ob dežju. Mavrica je resnična, vendar če se podam na lokacijo, kjer jo vidim, je tam ne najdem. Na lokaciji mavrice ne morem namestiti merilnih instrumentov, da bi jo meril. Pri prividih smo posledično omejeni z možnostjo meritev.

Na podobne omejitve naletimo pri merjenju razpadnega časa mezona. Ure ne moremo namestiti na mezon. Ne moremo izmeriti, kakšen razpadni čas mezona bi izmerila ura na mezonu. Merimo lahko le relativni čas (privid) razpadanja mezona. Meritve pokažejo daljši relativni čas razpada mezona.

Transformacije časa in prostora niso vezane na neko točno določeno hitrost svetlobe, na primer na v vseh razmerah enako hitrost svetlobe. Transformacije časa in prostora se pojavljajo pri kateri koli hitrosti svetlobe. Relativnega časa ne bi zaznavali le v primeru neskončne hitrosti svetlobe.

Če svetloba ne potuje v vseh razmerah enako hitro, tudi taka hitrost svetlobe ustvarja kasnitve pri prehodu svetlobe od izvora do ponora, s tem pa zamike oziroma transformacije časa. Res pa je, da so matematične enačbe teh transformacij med seboj različne in odvisne od načina pojmovanja hitrosti svetlobe.

Relativni čas razpada mezona ob taki in drugačni hitrosti svetlobe bi lahko primerjali in ocenjevali, če bi poznali hitrost mezona. Pa je ne poznamo.

Če hitrost mezona izračunamo povratno na osnovi predpostavke v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe, bomo izračunali eno hitrost mezona. Če hitrost mezona izračunamo po na osnovi predpostavke, da je hitrost svetlobe odvisna od hitrosti mezona, bomo izračunali drugo hitrost mezona. Izračunana relativna hitrost mezona je torej odvisna od predpostavke o hitrosti svetlobe.

Na osnovi tako določenih hitrosti svetlobe nima smisla iz teh dveh hitrosti računati hitrost svetlobe. V enem in drugem primeru bomo izračunali natanko tako hitrost svetlobe, kot smo jo predpostavili.

Ker nimamo objektivnega podatka o hitrosti mezona, nimamo možnosti ugotavljanja hitrosti svetlobe na osnovi merjenja razpadnega časa mezona.

Možnosti merjenja hitrosti svetlobe na osnovi merjenja relativnih razdalj in relativnega časa se torej neznatne. V splošnem meritve na osnovi teorije relativnosti ne dajejo upanja na odkrivanje zakonitosti gibanja svetlobe.

Na srečo imamo mnogo drugih v predhodnih poglavjih omenjenih metod merjenja hitrosti svetlobe, kjer ni tehnoloških ovir merjenja.

14

Sistem navigacije GPS ne utemeljuje v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe.

Med dokazi za v vakuumu vedno enako hitrosti svetlobe se pogosto omenja delovanje sistema globalne navigacije GPS. GPS sprejemnike imamo v avtomobilih ali na naših telefonih za določanje naše lokacije.

GPS navigacijo omogočajo sateliti, ki krožijo 20200 km nad nami. Ure na vseh GPS satelitih tečejo sinhrono. Za to poskrbijo redna usklajevanja ur na satelitih z Zemlje.

GPS sprejemnik (v našem telefonu) v časovnih presledkih v obliki radijskih signalov s satelitov prejema podatke, to je čas in lokacijo vsakega od njih. Sprejemnik zaznava signale z več satelitov. Iz lokacije satelita in časa potovanja radijskega vala od satelita do sprejemnika, sprejemnik izračuna oddaljenosti od satelita. Na osnovi hkratnega računanja razdalj do več satelitov, GPS sprejemnik določi svojo lokacijo.

Enačbe za izračun lokacije GPS sprejemnika so določene empirično na osnovi testiranja. Tako so v enačbah za izračun lokacije GPS sprejemnika upoštevani mnogi dejavniki. Vseh niti ni nujno, da se jih zavedamo.

Enačbe za izračun razdalj med satelitom in sprejemnikom vključujejo tudi stalno spreminjajoče hitrosti satelitov. Satelit se sprejemniku

najprej približuje, ga preleti, nato pa se mu oddaljuje. Stalno spreminjanje hitrosti med satelitom in sprejemnikom je ena od zahtevnejših nalog pri sistemu GPS navigacije.

Radijski signal (svetloba) med satelitom in sprejemnikom ima lahko vedno enako hitrost, ali pa je hitrost svetlobe odvisna od hitrosti satelita. Tako izhodišče zahtevajo opisi v predhodnih poglavjih.

Na osnovi preizkušanja empirično določene enačbe za izračun razdalje med sprejemnikom in satelitom, le-te lokacijo GPS sprejemnika računajo na osnovi stvarne hitrosti svetlobe, kakršna koli že je. V enačbah za izračun razdalje ni jasno prepoznavno, kakšna je hitrost svetlobe. Lahko je taka ali drugačna.

Kakšna bi lahko bila hitrost svetlobe med satelitom in sprejemnikom lahko ocenim z izračunom, koliko ena in druga hitrost svetlobe vpliva na točnost določanja lokacije sprejemnika.

Sateliti krožijo na višini 20200 km s hitrostjo 3,9 km/s.

Ko satelit ni ravno nad sprejemnikom, ko ga gledamo postrani, je od sprejemnika do satelita razdalja lahko na primer $r = 40000$ km. Privzamem hitrost svetlobe c . Svetloba pot od satelita do sprejemnika opravi v času t_1 . ($t_1 = r/c = 40000/300000 = 0,133333333333$ sek)

V drugem primeru privzamem, da svetloba s satelita do sprejemnika potuje s hitrostjo $c+v$, kjer je v hitrost satelita. Svetloba razdaljo prepotuje v času t_2 . ($t_2 = r/(c+v) = 40000/300000,0039 = 0,133333331600$ sek)

Razlika v časih prehoda svetlobe (radijskega vala) od satelita do GPS sprejemnika v enem in drugem primeru je $t_1 - t_2 = 1,7$ ns

V tem času svetloba prepotuje 0,5 m. Če izračun napake pri različnih hitrostih svetlobe končamo tu, je napaka merjenja GPS lokacije v primeru ene ali druge hitrosti svetlobe lahko do pol metra.

Ampak, tu zgodbe še ni konec. Če računamo čas v primeru vedno enake hitrosti svetlobe skladno s teorijo relativnosti, se razdalja med sprejemnikom in satelitom zaradi hitrosti satelita skrajša. To pa zmanjša napako izračuna GPS lokacije na največ nekaj centimetrov, odvisno od lokacije satelita.

Razlike v izračunu lokacije satelita na osnovi enega ali drugega razumevanja hitrosti svetlobe so premajhne, da bi na osnovi izračunov lokacije GPS sprejemnika, lahko ugotovili tako ali drugačno hitrosti svetlobe. Sistem globalne navigacije GPS niti ne potrjuje, niti ne zanika v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe (radijskih valov).

Za konec

Odzivi bralcev na zapise o hitrosti svetlobe v tej knjižici so pestri. Nekaj bralcev je nad zamislivi navdušenih, nekaj pa je takih, ki imajo odkrit odklonilen odnos do opisanega razmišljanja o hitrosti svetlobe. Eni in drugi bralci so v manjšini.

Odzive večine bralcev lahko ponazori stavek: »Ne ruši nam mita o v vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe, ki nam veliko pomeni.« Pri nekaterih se je to prošnja, pri drugih kot zahteva.

Bralci vedno enako hitrost svetlobe razumejo kot enega redkih trdnih temeljev, na katerem gradijo svoje fizikalno znanje. Če se jim poruši ta oporna točka v fiziki, to pomeni sesutje njihovega poznavanja fizike.

To so le predsodki. Objektivno razumevanje fizike ima dolgoročno velike prednosti pri razumevanju narave in osvajanju novih znanj. Argumenti o hitrosti svetlobe niso na strani v vseh razmerah enake hitrosti svetlobe.

Na raziskovanje vsakega področja vpliva motivacija, kot oblika čustev. Kadar nekega področja ne poznamo, je motivacija vseh usmerjena v meritve in raziskovanje in pojasnjevanje tega področja.

Kriza nastane, kadar pri nekem področju raziskovanja pridemo do zmotnih sklepov. V takem primeru se čustva množic razdelijo. Del množic je lahko motiviran za nadaljnje raziskovanje področja in odpravo morebitnih zmot, običajno večji del množic pa je motiviran za ohranjanje in zagovarjanje nekih spoznanj, četudi so lahko zmotna.

Neka ideja, v tem primeru pobuda za meritev hitrosti svetlobe, ima možnost za uspeh, ko se pojavi zadostno število ljudi, ki jih meritve

zanimajo in so jim naklonjeni, oziroma imajo empatijo do njih. Če čustva ostajajo na obstoječih pogledih, potem ta knjižica in v njej opisana ideja izzveni v prazno. V tem primeru meritve, ki pripeljejo do končnega spoznanja o eni ali drugi hitrosti svetlobe, ostajajo nekaj obstranskega, izven večjega zanimanja ljudi. Četudi nek posameznik opravi meritve, ji množica ne daje pozornosti, celo ovira razširjanje o rezultatih teh meritev, s te pa nova spoznanja zastanejo in ostanejo na obrobju zanimanja.

Fizika lahko dosega napredek v svojih spoznanjih šele, ko si znaten del fizikov in druge javnosti želi globlje spoznati neko tematiko, na primer hitrost svetlobe na osnovi meritve hitrosti svetlobe. V tem primeru izvajanje še neopravljenih in celo tehnološko preprostih meritev ni več vprašljivo. Meritve se opravijo in rezultati meritev se razširijo med javnostjo. Sčasoma prepričajo tudi tisti del javnosti, ki se še naprej odvrta od meritev.

Fizikalne meritve so nedvomno podrejene čustvom, če to priznamo ali ne. Dokler čustva ne dovoljujejo izvedbo novih manjkajočih meritev, bodo meritve čakale na boljše čase. Čustva so lahko dolgotrajna in razumevanje hitrosti svetlobe lahko čaka še dolgo na nova spoznanja, kljub temu, da so v ožjih krogih že opravljene manjkajoče meritve hitrosti svetlobe in merilni rezultati teh meritev znani že danes.