

TEMNA SNOV,

KAJ JE TO?

Franc Rozman

Knjiga preprosto in izvorno, razumljivo tudi srednješolcem, pojasnjuje sicer težje razumljive astronomske pojave, kot so *temna snov*, *temna energija*, *veliki pok* in *teorija relativnosti*.



Franc Rozman, fr.rozman@gmail.com

Temna snov, kaj je to?

Podatki o izdaji: Samozaložba;
Franc Rozman, Brezje pri Tržiču 59, 4290 Tržič

Jezikovni pregled: Alenka Klemenc

Oblikovanje: Maurice Zalaznik

Leto izdaje: 2022

Kraj izdaje: Tržič

Število natisnjenih izvodov: 150

Maloprodajna cena publikacije: 11 Euro

Vsebina

- UVOD
- OSNOVNE LASTNOSTI SVETLOBE
- MERITEV ODSHIRA TEMNO SNOV
- POMEN REZULTATOV MERITVE
- ZNANOST NA NOVI POTI
- NAGOVOR FIZIKOM

UVOD

Na raznih področjih fizike so se vrstila obdobja usklajevanja, ko so novi eksperimenti čedalje bolj podpirali obstoječo teorijo, ter obdobja dvomov in iskanja "nove fizike", kadar opažanja v naravi niso sledila teoretičnim izhodiščem. Mnoga iskanja niso dala zelenih rezultatov, redka pa so pripeljala do neslutene napredka znanosti. V tej knjižici odkrivamo temno snov, domnevno vrsto snovi v vesolju.

Ozrmo se v vesolje. Svetloba nam omogoča pogled v vesolje, zato je pomembno, da jo pravilno razumemo. V fiziki obstaja večinsko mnenje, da je hitrost svetlobe v vakuumu vedno enaka.

Po drugi strani v fiziki zanemarjamo tiste meritve, ki merijo, kako magnetno polje, gravitacija ali hitrost vira svetlobe vpliva na hitrost svetlobe. Nekatere meritve ustvarjajo dvom o vedno enaki hitrosti svetlobe.

Šele jasno razumevanje narave svetlobe nam daje stvarno predstavo o vesolju, s tem pa le-to ustvarja pogoje za razumevanje temne snovi in temne energije.

Zapis je v obliki pogovora med dijakom in mentorjem z namenom, da je le-ta razumljiv širokemu krogu bralcev, tudi tistim s skromnejšim znanjem fizike.

PRVO SREČANJE

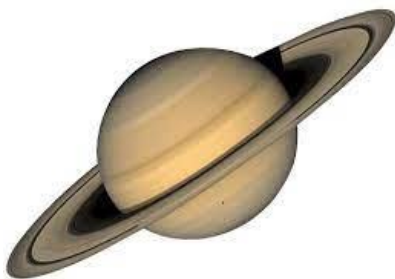
OSNOVNE LASTNOSTI SVETLOBE

Obisk astronomskega laboratorija

Dijak sem. Sem na obisku v astronomskega laboratoriju. Tu sem prvič. Sošolci vedo, da me zanima astronomija, zato so mi organizirali to srečanje.

Ob vstopu v laboratorij mojo pozornost pritegne teleskop. Mentor opazi moj pogled in me povabi, da si ga skupaj ogledava. Teleskop usmeri proti Jupiteru in Jupitrovim lunam. Pogled na Jupiter in njegove lune me očara.

Po ogledu Jupitera teleskop usmeri še proti Saturnu. Ogledujeva si njegov obroč. Vse je še bolj veličastno kot sem si predstavljal.



Slika 1 - Saturnov obroč je sestavljen iz ledu in delcev prahu.

»Iz česa je sestavljen Saturnov obroč?« me zanima. Ne zadostuje mi, da ga le vidim.

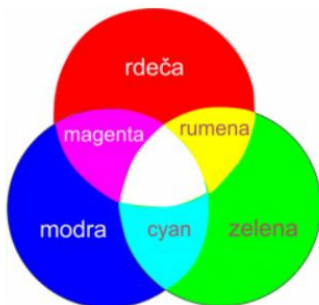
Vesel je moje radovednosti. Pojasni mi: »V učbenikih lahko prebereva, da je Saturnov obroč sestavljen iz ledu in delcev prahu. Tebe pa verjetno zanima še kaj več. Verjetno te zanima, kako ugotovimo, oziroma kako izmerimo, iz česa je sestavljen Saturnov obroč.«

Bela svetloba

»Informacije o tem, iz katerih elementov je sestavljeno vesolje, nam prinaša svetloba, ki prihaja od tam. Da pa bova razumela, kaj nama svetloba sporoča, osveživa nekaj znanj o lastnosti svetlobe.«

Sedeva k mizi. Na njej so tri svetilke. Prva svetilka je prirejena tako, da oddaja žarek rdeče svetlobe, druga žarek zelene svetlobe in tretja žarek modre svetlobe.

Vse tri svetilke usmeriva v belo steno. Vsaka svetilka na steni ustvari svetlobni krog. Krogi svetlobe se medsebojno delno prekrivajo, kot kaže Slika 2.



Slika 2 - Mešanje treh barv: rdeče, modre in zelene ustvari nove barve: rumeno, svetlo modro in vijolično. Tam, kjer se prekrivajo vse tri barve, pa le-te ustvarijo belo svetlobo.

»Kaj vidiš?« me vpraša.

»Vidim več kot tri barve. Tisti del stene, ki ga osvetljujejo tako zelena kot rdeča svetloba, odseva rumeno svetlobo.«

Opazim tudi svetlo modro barvo (cyan), kjer steno osvetljujejo zelena in modra barva in vijolično barvo (magenta) na mestu, kjer steno osvetljujejo rdeča in modra barva.

Mentor predlaga: »Usmeriva pozornost v tisti del stene v sredini krogov, ki ga osvetljujejo svetilke vseh treh barv.«

Na mestu kjer steno osvetljujejo vse tri barve, le-ta odseva belo svetlobo.

»Kot opaziš, te tri barve svetlobe, če njihovo svetlobo povežemo, ustvarijo belo svetlobo.«

Prikrade se mi še eno vprašanje. »Koliko različnih barv lahko ustvariva iz teh treh barv, ki jih dajejo te tri svetilke?«

»Barvni televizor ustvari vse barve, ki jih vidimo na zaslonu, z mešanjem teh treh barv,« pojasni. »Pri tem različne barve ustvarja tako, da med seboj meša različne svetlosti teh treh barv.«

Postane mi jasno. »Če na steno usmerimo zeleno barvo večje svetlosti in rdečo barvo manjše svetlosti, le-ti ustvarita drugačno barvo, kot če ima večjo svetlost rdeča barva in manjšo svetlost zelena barva. Na ta način iz treh barv res lahko ustvarimo poljubno barvo svetlobe.«

Fotoni oziroma bliski

Vprašam se, kaj je svetloba? Iz česa je sestavljena? Snovne tvorbe: kamen, kovina, voda, zrak in tako naprej so sestavljene iz molekul in atomov. Iz česa pa je svetloba?

»Tudi svetloba je sestavljena iz majhnih delcev svetlobe, ki pa niso atomi ali molekule. Svetloba je sestavljena iz majhnih bliskov oziroma fotonov. Te bliske oziroma fotone oddajajo svetila. Vsak blisk je lahko druge barve.«

»Ali je tudi posamezen blisk oziroma foton lahko sestavljen iz več barv,« me zanima.

Pove: »Ni sestavljen. Vsak foton ima eno samo barvo. Posamezen blisk oziroma foton je neznat. Oko posameznega fotona ne vidi. Vidimo jih, kadar jih v oko prispe več hkrati. Kadar do našega očesa prihajajo fotoni iste barve, vidimo to barvo. Kadar pa do našega očesa prihajajo fotoni različnih barv, pa teh različnih barv z očesom ne ločimo. Vidimo le barvo svetlobe, ki jo soustvarjajo ti barvno različni fotoni, podobno kot je prikazano na Sliki 2. Sončno svetlobo opazimo kot belo, čeprav v naše oko prispe pestrost različnih barv fotonov sončne svetlobe.«

Optična prizma

»Kako vemo, da sončno svetlobo sestavlja spekter fotonov mnogih barv? Ali lahko vidiva te barve?« me zanima.

Vzame kos stekla v obliki prizme. »To prizmo imenujemo optična prizma.«

S svetilko posveti v prizmo. »Svetilka oddaja belo svetlobo, podobno svetlobo kot prihaja s Sonca. V resnici le-ta ne vsebuje belih fotonov. Sestavljena je iz fotonov mnogih barv. Steklena prizma različne barve svetlobe lomi pod različnimi koti, zato iz prizme izide spekter različnih barv svetlobe, kot to kaže Slika 3.«



Slika 3 - Optična prizma žarek bele svetlobe loči v tiste barve svetlobe, ki so vsebovane v žarku.

Pojasni: »Optična prizma belo svetlobo razdeli v tiste barve, iz katerih je le-ta sestavljena.«

»Kaj pa se zgodi, če bi v prizmo posvetila s svetilko, ki seva le eno barvo svetlobe?«

»V tem primeru na izhodu opaziva le tisto barvo svetlobe, brez barvnega spektra.«

»Še nekaj naj vprašam. Če v optično prizmo usmeriva belo svetlobo, ki je sestavljena iz zgolj treh barv, kot kaže Slika 2, na izhodu iz optične prizme izidejo le te tri barve in nobena več?«

Potrdi mi: »Le tiste tri barve, ki so v tem primeru prisotne v beli svetlobi.«

Spektralne črte

V roke vzame svinčnik in se z njim poigra. Nato s svinčnikom zasenči eno od barv v spektru svetlobe, ki prihaja iz optične prizme. Na mestu zakrite barve se na steni pojavi temna senca, kot kaže Slika 4. V spektru svetlobe manjka ena od barv.



Slika 4 - Ena od barv v svetlobnem spektru je zasenčena.

»Svetlobi določene barve s svinčnikom preprečujem, da bi prispela do zidu, zato v spektru na zidu opazava temno črto.«

Pojasni: »Na podoben način lahko v spektru svetlobe manjka katera od barv že na izvoru svetlobe.«

»Če prav razumem, vir svetlobe ne seva bliskov katere od barv. Tudi v tem primeru opaziva temno senco v barvnem spektru.«

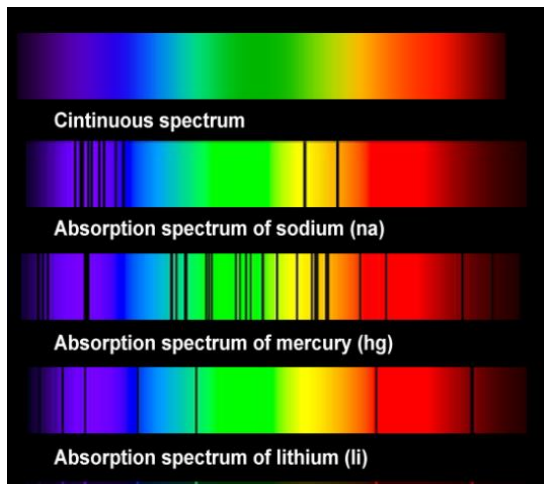
»Res je. Táko temno senco v svetlobnem spektru imenujemo spektralna črta.«

»Razumem. Sonce je vir velikega števila bliskov (fotonov) različnih barv. Že na samem Soncu, to je na izvoru svetlobe, manjkajo bliski določenih barv. Pri manjkajočih barvah v svetlobnem spektru opazimo temno črto, ki jo imenujemo spektralna črta.

Snov prepoznamo s pomočjo spektralnih črt

Pokaže mi fotografijo na Sliki 5. »Gornji svetlobni spekter na sliki prikazuje svetlobo brez spektralnih črt. V tej svetlobi so prisotne vse barve.«

Povabi me, naj najdem razlike med svetlobnimi spektri na sliki.



Slika 5 - Svetlobni spekter, ki ga oddaja posamezen element, ne vsebuje nekaterih barv. Tako oblika svetlobnega spektra razkrije element, ki oddaja to svetlobo. Svetloba razkrije, iz česa je sestavljeno vesolje.

Gledam spektralne črte. Svetlobnim spektrom manjkajo nekatere barve. Spektri svetlobe na sliki imajo različno razporejene spektralne črte, v vsakem barvnem spektru se le-te pojavljajo pri različnih barvah.

»Domnevam, da so na sliki spektri različnih elementov. V svetlobi, ki jo seva en element, manjkajo svetlobe enih barv, v svetlobi, ki jo seva drug element, pa manjkajo druge barve.«

»Res je. Opaziš lahko, da je pri drugem svetlobnem spektru zapisan znak za natrij (Na), kar pomeni, da natrij pri visokih temperaturah ne seva tistih barv svetlobe, kjer so na sliki temne črte. Pri tretjem svetlobnem spektru je znak za živo srebro (Hg), kar pomeni, da živo srebro ne ustvarja svetlobe v spektru pri drugih barvah. Spodnji svetlobni spekter pa prikazuje svetlobo, ki jo seva litij (Li).«

Počakal je, potem pa zaključil: »Svetlobo z različnih nebesnih teles lahko opazujemo preko steklene prizme. Iz spektralnih črt pa lahko ugotavljamo prisotnost enih in drugih kemijskih elementov na tistem nebesnem telesu.«

»Tako torej lahko odkrijeva, iz česa je Saturnov obroč,« sem navdušen.

Valovna dolžina svetlobe

Mentor v učbeniku poišče Sliko 6. Počakal je, da si jo ogledam, potem pa me vpraša, na kaj me slika spominja.

»Spominja me na val,« mu omenim.

»Res je, vidimo valove vode, ki jih ponazarja ta slika. Vidimo pa tudi druga valovanja. Zvok je valovanje zraka. Tretja oblika valovanja so svetlobni valovi, to so elektromagnetni valovi. Vsako valovanje na splošno lahko ponazorimo s krivuljo, kot jo kaže ta slika.



Slika 6 - Svetloba je valovanje, podobno kot valovanje vode ali zvočno valovanje.

Vsakemu valu, vodnemu, zvočnemu ali svetlobnemu, lahko izmerimo valovno dolžino. Valovna dolžina je razdalja med dvema valoma.«

»Ali svetlobne valove lahko vidiva?« me je zanimalo.

»Neposredno svetlobnih valov ne moreva videti, vidiva pa barve svetlobe. Različne valovne dolžine svetlobnega valovanja vidimo kot različne barve svetlobe.«

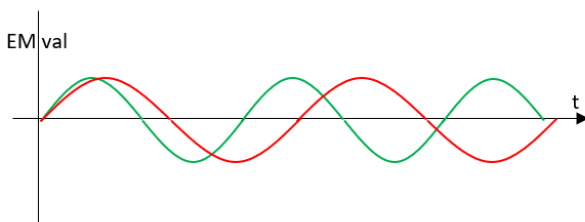
Razmišljam: »Barva svetlobe je torej sopomenka valovne dolžine svetlobe. Pojma le na različni način opisujeta lastnost svetlobe, ki jo vidimo ali kot barvo ali kot valovno dolžino svetlobe.«

Merjenje mase zvezd

»Na Sliki 5 vidiva, da iz svetlobe z zvezde lahko razberemo, kateri kemijski elementi so na tej zvezdi. Iz te svetlobe pa lahko tudi razberemo, kako velika, to je, kako masivna je ta zvezda.«

Te izjave me navdušijo. Komaj sem čakal, da mi razloži, kako iz svetlobe z zvezde ugotovimo, kako masivna je zvezda.

Nariše zeleno sinusoido na Sliki 8 in pojasni. »Narisal sem valovno dolžino zelene svetlobe, ki jo na primer izseva nek element na Zemlji.«



Slika 7 – Gravitacija valovno dolžino svetlobe lahko podaljša iz zelene barve v rdečo.

»Ta slika je podobna Sliki 6,« razmišljam na glas.

Strinja se in nadaljuje: »Kadar pa je ta zelena svetloba izsevana na masivni zvezdi, pa se ji na poti do Zemlje spremeni valovna dolžina. Ta svetloba na Zemljo prispe na primer kot rdeča, ne kot zelena svetloba.« Vzame rdeče pisalo in nariše še rdečo sinusoido.

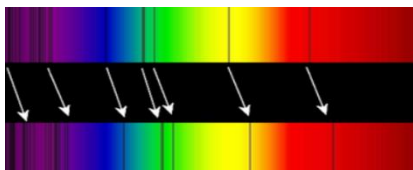
»Močnejše kot je gravitacijsko polje zvezde, bolj kot je zvezda masivna, bolj njeno polje podaljša valovno dolžino svetlobe, oziroma ji spremeni barvo. Šibko gravitacijsko polje malo vpliva na valovno dolžino svetlobe, močno gravitacijsko polje pa izdatno podaljša valovno dolžino svetlobe,« mi pojasni.

Ni mi jasno, kako vemo, da tako rdeča kot zelena svetloba pripadata isti valovni dolžini svetlobe na izvoru. To dilemo izpostavim.

Mentor mi pokaže Sliko 8. Na sliki sta dva med seboj podobna barvna spektra svetlobe.

Opazim, da so pri obeh spektrih spektralne črte razporejene v enakem zaporedju. Razlika med njima je v tem, da so spektralne črte v enem spektru zamaknjene glede na spektralne črte v drugem spektru. Spektralna črta, ki se na gornji sliki nahaja na sredini rumene barve, se na spodnji sliki nahaja na desnem robu rumene barve. Nahaja se blizu rdeče svetlobe.

»Zanimivo,« pripomnim. Postaja mi jasno, da opazujeva iste spektralne črte, le da so med seboj zamaknjene.



Slika 8 - Gravitacija spremeni valovno dolžino svetlobe. Večja kot je masa zvezde, bolj rdeča je svetloba, ki prihaja z nje.

»Svetlobni spekter, ki ga nek element seva tu na Zemlji, je prikazan na gornjem delu slike. Spekter svetlobe, ki ga isti element seva na masivni zvezdi in svetloba prihaja od tam, pa je premaknjen, kot to kaže spodnji del slike.«

»Težnost zvezde oziroma njeno gravitacijsko polje torej spremeni valovno dolžino svetlobe, s tem pa premakne spektralne črte svetlobe,« sem želel potrditev.

Po krajšem premoru nadaljuje: »Valovna dolžina svetlobe s Sonca se zaradi mase Sonca ne spremeni veliko. Obstajajo pa bolj masivne zvezde, kjer se valovna dolžina svetlobe podaljša tudi do desetkrat glede na valovno dolžino, sevano na izvoru.«

Nekaj časa zamišljeno obsedim. Čudim se odličnosti narave svetlobe. Brez zapletene znanosti nam s spremembo valovne dolžine, to je z zamikom spektralne črte, prikaže maso zvezde, na osnovi razporeda spektralnih črt pa kemijsko sestavo zvezde.

Fizik bom

Čas najinega srečanja je minil. Zahvalil se mu. Navdušen sem nad svetlobo. Svetloba nam iz daljnega vesolja prinaša informacije o vrsti snovi, ki se tam nahaja in o velikosti oziroma masi zvezd, iz katerih je le-ta izsevana.

Proti domu poskakujem od veselja in navdušenja ter delam načrte, kako bom raziskoval vesolje.

*»Kamor koli greš,
pojdi z vsem srcem.«*
Konfucij, kitajski filozof,
5.-6. stoletje pr. n. št.

DRUGO SREČANJE

MERITEV Odstira temno SNOV

O vplivu gravitacije oziroma mase zvezde na valovno dolžino svetlobe razmišljam tudi po odhodu od mentorja. Ob tem sem naletel na vprašanja, ki jih z mentorjem nisva omenjala. V fizikalnih zapisih sem našel, da na valovno dolžino svetlobe vplivata tako masa zvezde kot tudi njena hitrost.

Zbegan sem. Če na valovno dolžino svetlobe res vpliva tudi hitrost zvezde, ne le njena masa, ne znam ločiti, kakšno spremembo valovne dolžine svetlobe povzroči masa zvezde in kakšno njena hitrost.

Pogrešam mentorja. Poklical sem ga in ga prosil za novo srečanje. Povabil me je in že drugič sem pri njem v astronomskem laboratoriju.

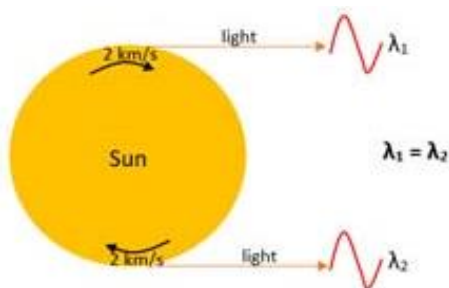
Svetloba s Sonca

Vprašam ga, ali na valovno dolžino svetlobe z zvezde res vpliva tudi hitrost zvezde; torej ne le njena masa. Spomnim ga, da sva na zadnjem srečanju omenjala le maso zvezde, ki naj bi vplivala na valovno dolžino svetlobe.

»Med ljudmi prevladuje mnenje, da tudi hitrost vira svetlobe, to je hitrost zvezde, vpliva na valovno dolžino svetlobe. Sam nisem tega mnenja,« poudari in nadaljuje: »Sam dajem prednost meritvam, pred takimi ali drugačnimi večinskimi mnenji.«

Po krajšem premisleku nadaljuje: »Odgovor na to vprašanje najdeva v meritvi,« in začne risati Sliko 9.

Pojasni: »Sonce se vrti okrog svoje osi. Obodna hitrost vrtenja Sonca znaša 2 km/s. En rob Sonca se nam s to hitrostjo približuje, drug rob pa se nam s to hitrostjo oddaljuje. Pozornost usmeriva v en in drug rob Sonca.



Slika 9 - Valovna dolžina svetlobe z dela Sonca, ki se nam zaradi vrtenja Sonca oddaljuje, je enaka valovni dolžini svetlobe z dela Sonca, ki se nam približuje, kadar valovno dolžino merimo z interferometrom.

Kadar valovno dolžino svetlobe z enega ali drugega roba Sonca merimo s stekleno prizmo ali z interferometrom, obodna hitrost Sonca ne vpliva na njeno valovno dolžino.

V svetlobi, ki prihaja s tistega dela Sonca, ki se nam približuje zaradi vrtenja Sonca, ali s tistega dela Sonca, ki se nam oddaljuje, vsakič izmerimo enako valovno dolžino svetlobe. Meritev je opisana v članku: *The Shape of Spectral Lines*¹. Hitrost vira svetlobe torej ne vpliva na valovno dolžino svetlobe,« zaključí.

Molčiva, potem pa nadaljuje: »To velja za merjenje valovne dolžine z optično prizmo ali interferometrom. Če pa merimo valovno dolžino z uklonsko mrežico, je drugače. Tudi meritev valovne dolžine svetlobe z uklonsko mrežico bova kasneje pojasnila.«

¹ <http://spiff.rit.edu/classes/phys440/lectures/lines/lines.html>

Opazujem sliko in razmišljam: »Hitrost vira svetlobe ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. Enako valovno dolžino svetlobe s Sonca izmerimo ne glede na to, ali se nam vir svetlobe na Soncu približuje, ali se od nas oddaljuje.«

Ozka spektralna črta

V omenjenem članku so še druge zanimivosti. Pozoren sem na ozko spektralno črto v svetlobi s Sonca. Tista od njih, ki ima valovno dolžino $6546,25 \cdot 10^{-10}$ m, ima širino le $\pm 6 \cdot 10^{-12}$ m.

Takoj se odzove. »Površina Sonca je tekoča ali plinasta snov in je sestavljena iz žarečih delcev. Ti delci brbotajo in se ves čas kaotično gibljejo v vseh smereh s hitrostmi nekaj deset km/s. Vsak ta delec je vir svetlobe. Če bi hitrosti teh delcev vplivale na valovno dolžino svetlobe, bi ti delci ustvarjali spektralne črte levo in desno od narisane spektralne črte.

Na vse strani gibajoči žareči delci Sončevega površja ustvarjajo spektralno črto na istem mestu zato, ker hitrost teh delcev ne vpliva na valovno dolžino svetlobe.

Meritev z optično prizmo pokaže, da se spektralna črta zaradi obodne hitrosti Sonca niti ne premika levo in desno niti se ne razširi zaradi termičnih hitrosti delcev na Soncu.«

Lastna meritev

Po premisleku nadaljuje: »Tudi midva lahko meritev valovne dolžine svetlobe s Sonca ponoviva. Ko bo vreme jasno in Sonce lepo vidno, česar sedaj ni, lahko teleskop usmerjava v različne točke na vrtečem se Soncu. Meritev spektralne črte pokaže, da je valovna dolžina svetlobe enaka ne glede na to, v katero točko na Soncu je usmerjen teleskop.«

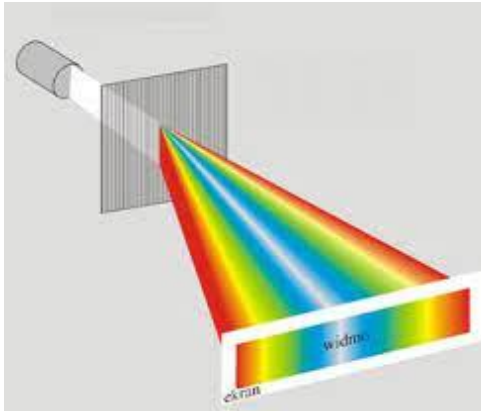
Nekaj časa razmišlja, ali naj mi pove še kaj ali naj tu konča. Po premisleku nadaljuje: »Mnogi fiziki se ob tej meritvi zamislijo. Prepričani so, da je z njihovo meritvijo nekaj narobe. Takega rezultata meritve ne pričakujejo, zato rezultatov meritve ne objavijo.

Kljub njihovim dvomom so rezultati meritve jasni in nasprotovanje meritvi nikakor ni upravičeno.«

Uklonska mrežica

Še nekaj mi ni jasno. »Če hitrost zvezde ne vpliva na valovno dolžino svetlobe, kako potem astronomi merijo hitrosti zvezd na robu vesolja? Kako vedo, da se vesolje širi?«

»Za merjenje hitrosti zvezd optična prizma ni primerna, ker le-ta ne pokaže gibanja zvezd,« pojasni in brska po predalu. Iz njega vzame mrežico, na kateri so komaj opazne reže.



Slika 10 - Uklonska mrežica podobno loči barve bele svetlobe v barvni spekter, kot jih loči optična prizma.

»Tako mrežico imenujemo uklonska mrežica,« pojasni in mi jo poda, da si jo ogledam.

V roke vzame svetilko. »Ta svetilka oddaja podobno svetlobo kot Sonce.«

Svetilko usmeri v uklonsko mrežico.

Na drugi strani mrežice opaziva enak barvni svetlobni spekter kot pri optični prizmi. Spektralne črte se pojavijo pri istih barvah oziroma istih valovnih dolžinah, tako pri uklonski mrežici kot pri optični prizmi.«

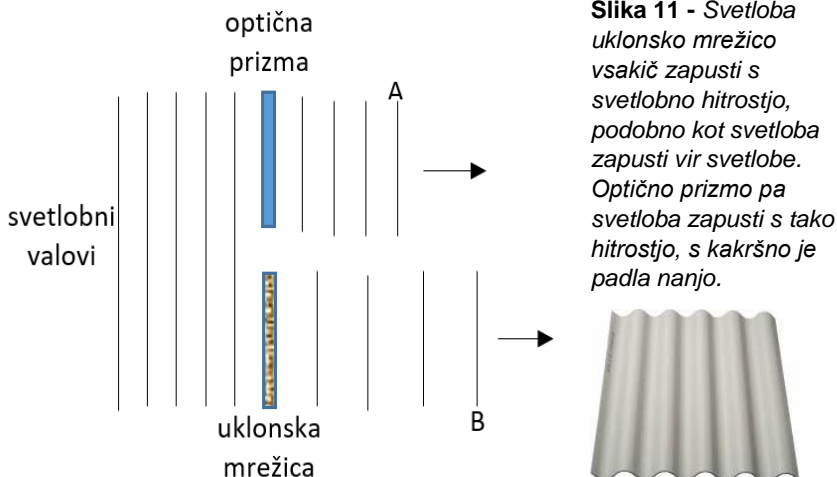
Čudim se. »Barvni spekter iz optične prizme ne omogoča merjenja hitrosti zvezd. Kako pa enak barvni spekter iz uklonske mrežice lahko pokaže hitrosti zvezd v daljnem vesolju?«

»Enak spekter svetlobe na izhodu iz optične prizme in uklonske mrežice opazimo le, kadar svetilo miruje glede na uklonsko mrežico. Kadar pa na uklonsko mrežico oziroma na optično prizmo usmeriva svetlobo iz gibajočega svetila, na primer z gibajoče zvezde, pa se na izhodu barvna spektra razlikujeta. Spektralne črte se, če uporabimo optično prizmo, pojavijo pri drugih valovnih dolžinah kot pri uklonski mrežici.«

Na uklonski mrežici se spremeni valovna dolžina svetlobe

Mentor opazi moj začuden pogled. Predlaga: »Zamisli si žarek, v katerem je prisotna le ena valovna dolžina svetlobe.«

Na tablo nariše nekaj valov (leva stran Slike 11) in pojasni: »Ti svetlobni valovi prihajajo z gibajoče zvezde. Potujejo od leve proti desni.



Slika 11 - Svetloba uklonsko mrežico vsakič zapusti s svetlobno hitrostjo, podobno kot svetloba zapusti vir svetlobe. Optično prizmo pa svetloba zapusti s tako hitrostjo, s kakršno je padla nanjo.

Tem valovom postaviva na pot optično prizmo in uklonsko mrežico, tako da ti valovi potujejo skoznju. Opazujva, kaj se z valovi dogaja po prehodu, na drugi strani.«

Vzajem pisalo in na sliko narišem optično prizmo ter uklonsko mrežico.

Razmišljam: »Mentor pravi, da sta na izhodu iz uklonske mrežice oziroma iz optične prizme spektra svetlobe različna. To pomeni, da iz uklonske mrežice izide drugačna valovna dolžina svetlobe kot iz optične prizme.«

Na desni strani slike, za uklonsko mrežico in optično prizmo, narišem svetlobne valove različnih valovnih dolžin. Za uklonsko mrežico narišem drugačno razdaljo med valovi kot za optično prizmo.

Pohvali me. »Valovna dolžina svetlobe za uklonsko mrežico je drugačna kot valovna dolžina svetlobe za optično prizmo in to kljub temu, da sva tako v optično prizmo kot v uklonsko mrežico usmerila isti svetlobni žarek, ki prihaja z gibajoče zvezde.«

Frekvenca svetlobe

Nadaljuje: »Pri svetlobi morava poleg valovne dolžine omeniti tudi frekvenco svetlobe. Frekvenca svetlobe pove, koliko valov svetlobe v sekundi prispe do uklonske mrežice ali do optične prizme.« Izzove me: »Kakšna je frekvenca svetlobe na vstopu na uklonsko mrežico v primerjavi s frekvenco svetlobe na izstopu iz uklonske mrežice?«

Vprašanje ni težko. »Toliko valov, kot jih v eni sekundi prispe na uklonsko mrežico, toliko jih iz nje tudi izide. Na uklonsko mrežico v istem času ne more prispeti več ali manj valov, kot jih iz nje izide.«

Pritrdi mi. »Frekvenca svetlobe se ohranja na prehodu skozi optično prizmo kot tudi skozi uklonsko mrežico. Le-ta ostaja enaka pred njima kot za njima.

Hitrost svetlobe v vakuumu ni vedno enaka

V glavi mi zvonijo alarmi. »Pri uklonski mrežici imamo enako frekvenco na vhodu v uklonsko mrežico, kot na izhodu iz nje. Izmerimo pa različni valovni dolžini svetlobe na vhodu v uklonsko mrežico v primerjavi z valovno dolžino na izhodu iz nje, kot to kaže Slika 11.«

»To so rezultati meritev, ki jih ne smeva prezreti,« mi potrdi.

Hitrost svetlobe določa enačba $v_s = f \cdot \lambda$. V enačbi je v_s hitrost svetlobe, ki ni nujno enaka konstanti c , f je frekvenca svetlobe, λ pa je njena valovna dolžina.

Opozorim ga: »Različni valovni dolžini svetlobe pred uklonsko mrežico in za njo ob enaki frekvenci svetlobe pomenita različni hitrosti svetlobe pred in za uklonsko mrežico.«

Strinja se. »Različni valovni dolžini svetlobe za uklonsko mrežico in za optično prizmo ob enaki frekvenci svetlobe kažeta, da svetloba iz optične prizme izide z drugo hitrostjo kot iz uklonske mrežice.«

V fiziki ni aksiomov

Še vedno se ne vdam. »Učili so me, da ima svetloba v vakuumu vedno enako hitrost. Učili so me, da je hitrost svetlobe nekaj, o čemer ne smem dvomiti, kar je dokončna in absolutna resnica.«

»Svetloba v vakuumu ima glede na vir svetlobe res vedno svetlobno hitrost, kot jo določa konstanta c . Vendar le, če opazovalec glede na vir svetlobe miruje.

Kadar se opazovalec glede na vir svetlobe giblje, njuna medsebojna hitrost vpliva na hitrost svetlobe, kot jo zaznava opazovalec.

V nadaljevanju bova izmerila, da je vpadna hitrost svetlobe glede na opazovalca enaka $v_s = c + v$. Konstanta c določa hitrost svetlobe, kadar opazovalec miruje glede na vir svetlobe, v pa določa hitrost med virom svetlobe in opazovalcem.

Uklonsko mrežico svetloba zapusti s svetlobno hitrostjo

Razmišljam. »Svetloba optično prizmo zapusti s hitrostjo, s kakršno je padla nanjo, to je z v_s . Optična prizma svetlobi na izhodu iz nje ne spremeni niti njene valovne dolžine niti njene frekvence, s tem pa tudi ne njene hitrosti.«

Potrdi mi. »Pri uklonski mrežici je drugače. Uklonska mrežica deluje na svetlobo, kot da ima svetloba svoj vir na uklonski mrežici. Svetloba uklonsko mrežico zato zapusti s hitrostjo, kot jo določa konstanta c . Pri tem ni pomembno, s kakšno hitrostjo svetloba prispe na uklonsko mrežico.«

Preverim, če razumem njegovo razlago, zato jo ponovim: »Svetloba z gibajoče se zvezde prispe s hitrostjo v_s , ki ni nujno enaka konstanti c . Ko svetloba preide uklonsko mrežico, ji uklonska mrežica povrne njeno hitrost na svetlobno hitrost, kot jo določa konstanta c . Ob tem se svetlobi spremeni valovna dolžina. V nasprotju s tem pa optično prizmo svetloba zapusti s hitrostjo, s katero je le-ta prispela na optično prizmo.«

Meritve so temelj znanosti

»Najin pogled na hitrost svetlobe naj temelji na meritvah,« sem odločen.

»Omenjava, da se na uklonski mrežici valovna dolžina svetlobe spremeni, kot to kaže Slika 11. Ali lahko to spremembo valovne dolžine na uklonski mrežici izmeriva?«

»Spremembo valovne dolžine svetlobe na uklonski mrežici lahko meriva s podobno meritvijo svetlobe s Sonca, kot to kaže Slika 9.

Kadar valovno dolžino svetlobe meriva z optično prizmo (ali interferometrom), izmeriva enako valovno dolžino svetlobe ne glede na to, s katere točke vrtečega se Sonca prihaja svetloba, o čemer sva se že pogovarjala.

Kadar pa valovno dolžino svetlobe meriva z uklonsko mrežico, pa uklonska mrežica spremeni valovno dolžino svetlobe. Za uklonsko mrežico izmeriva različni valovni dolžini svetlobe z enega in drugega roba Sonca. Valovna dolžina svetlobe za uklonsko mrežico je odvisna od hitrosti kroženja Sonca, s tem pa od hitrosti vira svetlobe.«

Pokaže mi članek *Solar Interior Rotation and its Variation*². V članku je opisano, kako astronomi z uklonsko mrežico merijo obodne hitrosti vrtenja Sonca. Merijo valovno dolžino svetlobe za uklonsko mrežico v svetlobi, ki prihaja z različnih točk na Soncu.

Imamo torej dve nedvoumni meritvi. Prva meritev je opravljena z optično prizmo in pokaže, da hitrost vira svetlobe ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. Druga meritev pokaže, da se na uklonski mrežici spremeni valovna dolžina svetlobe odvisno od hitrosti vira svetlobe.

Meritev hitrosti svetlobe

Zamislil se. »Govoriva o vplivu vrtenja Sonca na izmerjeno valovno dolžino svetlobe, odvisno ali jo merimo z uklonsko mrežico ali z optično prizmo. Nisva pa še povedala, ali s pomočjo teh meritev lahko izmeriva hitrost svetlobe s Sonca.«

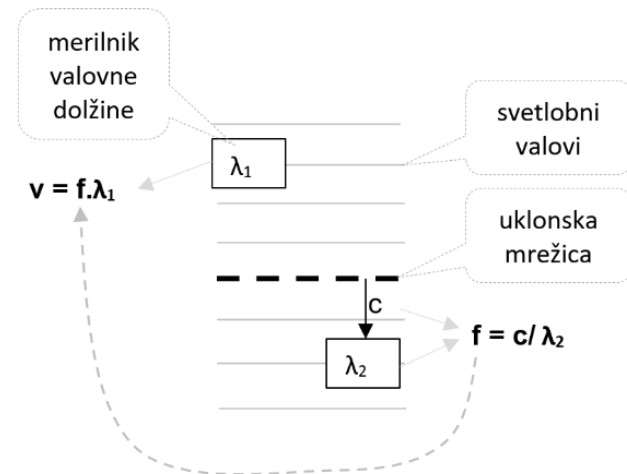
»Hitrost svetlobe, s katero le-ta prispe s Sonca oziroma iz vesolja, lahko merimo. Poskusi ugotoviti kako,« me izzove.

Razmišljam: »Na izhodu z uklonske mrežice je znana hitrost svetlobe, ki jo v vseh primerih določa konstanta c . Svetloba z uklonske mrežice izhaja vedno z enako hitrostjo. Tudi njeno valovno dolžino lahko izmerimo. Na Sliki 12 je le-ta označena z λ_2 . Iz teh dveh podatkov lahko izračunamo frekvenco svetlobe, s katero le-ta prispe iz vesolja ($f = c/\lambda_2$).«

Navdušen je. »Res je, frekvenco svetlobe lahko izmeriva z uklonsko mrežico. Z optično prizmo pa lahko izmeriva tudi vpadno valovno dolžino svetlobe λ_1 , s katero le-ta prispe iz vesolja. S pomočjo tega imava znano tako frekvenco kot valovno dolžino merjene svetlobe, s tem pa tudi vpadno hitrost te svetlobe.«

Začudim se. »Dve preprosti meritvi omogočata meritev hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe.«

² <https://link.springer.com/article/10.12942/lrsp-2009-1>



Slika 12 – Na izhodu iz uklonske mrežice hitrost svetlobe c in izmerjena valovna dolžina λ_2 dasta frekvenco svetlobe f . Frekvenca f in izmerjena valovna dolžina λ_1 pa dasta vpadno hitrost svetlobe.



Slovo

Zazvoni telefon in mentor se oglasi. Med njegovim pogovorom se oziram po laboratoriju in na steni opazim napis: » *O vedno enaki hitrosti svetlobe smo danes enako prepričani, kot so bili v času Galileja in Kopernika prepričani o kroženju Sonca okrog Zemlje.*«

Mentor zaključil pogovor in se opraviči. Pove, da ima neodložljive naloge.

Posloviva se in že sem na poti domov. Počuti se kot v nevihti, ali kot bi se boril z divjimi valovi, ki me zalivajo. Ko že za trenutek uspem pobegniti enemu valu, me že zalije naslednji val.

Ko sem pred nekaj urami prišel do mentorja, sem vedno enako hitrost svetlobe prepoznaval kot svetinjo, kot nekaj, na čemer temelji vesolje. Ko odhajam, bi se moral odpovedati vedno enaki hitrosti svetlobe kot vrednoti, moral bi jo razumeti kot pomanjkljivost. Posledično bi moral dvomiti o vsem, kar vem o vesolju.

»Samo zato, ker nečesa še nihče ni storil, ne pomeni, da tega ni mogoče storiti. Zato naj vas ne odvrne dejstvo, da to še ni bilo storjeno.

Namesto tega glejte na to kot na priložnost, vedoč, da, ko boste začeli hoditi po tej poti, se bodo stvari pričele jasniiti.«

Zhuang Zi, kitajski filozof,
4. stoletje pr. n. št.

TRETJE SREČANJE

POMEN REZULTATOV MERITVE

Več dni so me vznemirjale misli o hitrosti svetlobe. Čutil sem potrebo, da se o tem pogovorim z več fiziki.

Le-ti so me začudeno gledali. Zatrjevali so mi, da ima svetloba v vakuumu vedno enako hitrost. Povedali so, da je med fiziki enkrat za vselej prepoznana vedno enaka hitrost svetlobe in da moje vprašanje ne sodi v sodobni čas.

Ko sem jih vprašal o dokazih, ki potrjujejo vedno enako hitrost svetlobe iz daljnega vesolja, so bile njihove razlage v obliki takih ali drugačnih doktrin. Po njihovem mnenju so te doktrine zadostne, da iz njih prepoznamo vedno enako hitrost svetlobe.

Te doktrine me niso prepričale. Ni mi preostalo drugega, kot da se ponovno napotim do mentorja in ga prosim za pojasnila in pomoč. Že tretjič sem pri njem.

Meritev hitrosti svetlobe

Potožim mu: »Fiziki se ne strinjajo, da je hitrost svetlobe, ki prihaja z gibajoče zvezde različna od hitrosti, ki jo določa konstanta c . Ali fiziki niso izmerili hitrosti svetlobe, ki prihaja z gibajočega vira svetlobe?«

»Fiziki svoje trditve o hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe praviloma utemeljujejo z doktrinami. Nekateri se sklicujejo na ene doktrine, drugi na druge. Vsak od njih izbira tiste, ki njega osebno najbolj prepričajo.«

Dobivam občutek, da mentor podcenjuje napore stroke v smislu, da bi le-ta izmerila hitrost svetlobe. »V fiziki poznamo mnoge neposredne in strokovno opravljene meritve hitrosti svetlobe v različnih okoliščinah,« sem kritičen.

»Okoliščin gibanja svetlobe je veliko. Strinjam se, da je hitrost svetlobe v mnogih okoliščinah strokovno izmerjena.«

Počaka, potem pa nadaljuje. »Manjka pa meritev vpliva magnetnega ali gravitacijskega polja na hitrost svetlobe. Predvsem pa manjkajo meritve hitrosti tiste svetlobe, ki prihaja z gibajočega vira svetlobe. V najinem razmišljanju prav vprašanje te hitrost svetlobe postavlja na prvo mesto.«

Preseneti me. V fiziki obstaja prepričanje, da je hitrost svetlobe z gibajočega vira svetlobe vedno enaka, po drugi strani pa mentor dvomi v meritve, ki bi to dokazovale.

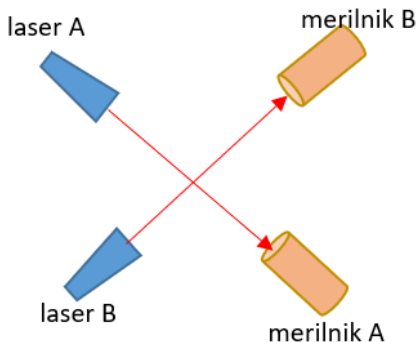
Nadaljuje: »Marsikdo meni, da hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe niti ni treba meriti. Že brez meritev naj bi se vedelo, da je hitrost svetlobe vedno enaka.

Vsi pa niso takega mnenja. Mnogi fiziki se zavedajo pomembnosti meritev hitrosti svetlobe tudi z gibajočega vira svetlobe, zato iščejo meritve, ki bi dokazala vedno enako hitrost svetlobe tudi v takih okoliščinah.«

Predlaga: »Oglejva si enega od neuspešnih poskusov take meritve.«

Michelson-Morleyev eksperiment

»Do pred nedavno so kot meritve, ki naj bi dokazovala vedno enako hitrost svetlobe z gibajočega vira svetlobe, omenjali Michelson-Morleyev eksperiment, kot je prikazan na Sliki 13.«



Slika 13 – Shematski prikaz meritev hitrosti svetlobe Michelson-Morleyevim eksperimentom v dveh različnih smereh.

»Tudi meni so prijatelji omenjali to meritev kot dokaz vedno enake hitrosti svetlobe.«

»Michelson in Morley sta hitrost svetlobe merila v dveh različnih smereh, na primer sever - jug in vzhod - zahod. S to meritvijo sta preverila, ali obstaja neka nevidna snov, na primer *eter*, ki bi lahko vplivala na hitrost svetlobe tako, da bi se le-ta v eni smeri, na primer vzhod - zahod, gibala z drugo hitrostjo kot v drugi smeri, na primer v smeri sever - jug. Izmerila sta, da smer gibanja svetlobe ne vpliva na njeno hitrost in da eter ne obstaja.

Ta meritev pa ne omogoča meritve hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe. V tej meritvi se vir svetlobe ne giblje. Ne giblje se niti laser, ki oddaja svetlobo, niti merilnik, ki meri njeno hitrost.«

Ne morem razumeti, zakaj so v preteklosti menili, da ta meritev omogoča merjenje hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe.

Razume moje presenečenje. Nadaljuje: »Še nekaj podobnih meritev se obrobno omenja v literaturi, vendar se v fiziki teh meritev ne izpostavlja kot ključnih meritev hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe.«

Čudim se. Zanima me, kako v šolah utemeljujejo vedno enako hitrost svetlobe. »Ali hitrosti svetlobe iz daljnega vesolja ne utemeljijo z meritvijo, ki bi bila splošno sprejeta?«

Doktrine o hitrosti svetlobe

Tudi sam se spomnim nekaterih doktrin, ki so mi jih omenjali prijatelji. Mentorja prosim, naj mi razloži, kako je s trditvijo, da navigacijski sistem (GPS) ne bi deloval, če hitrost svetlobe v vakuumu ne bi bila vedno enaka.

»Ali verjameš, da bi ostali brez možnosti navigacije, če hitrost svetlobe ne bi bila vedno enaka?« me vpraša in nadaljuje: »Podobnih doktrin je več. Te doktrine so namenjene novačenju ljudi za idejo o vedno enaki hitrosti svetlobe, niso pa primerne za znanstveno utemeljevanje hitrosti svetlobe.

Take doktrine temeljijo predvsem na predpostavkah in sklepanjih. Od izbora predpostavk in načina sklepanj je odvisen zaključek iz doktrine. Različne predpostavke pripeljejo do različnih zaključkov. Z njimi se da enako uspešno utemeljevati vedno enako hitrost svetlobe in jo tudi zanikati.«

Nadaljuje: »Nekonsistentnost takih doktrin lahko ponazoriva s še eno od njih. Obstaja mnenje, da vakuum z vedno enako hitrostjo štafetno prenaša svetlobo v prostoru od točke do točke. Med temi točkami naj bi se svetloba prenašala neodvisno od vira svetlobe.«

Trditev se mi zdi smiselna.

Nadaljuje: »Zamisli si, da vir svetlobe poplesava po prostoru kot muha okrog luči. Če štafetni prenos svetlobe od točke do točke ni odvisen od vira svetlobe, potem vir svetlobe lahko dela karkoli in to ne sme vplivati na prenos svetlobe med točkami prostora.

Pa ni tako. V točkah, kjer se svetloba prenaša štafetno, zaznamo spremembe frekvence svetlobe, odvisno od tega, kako vir svetlobe poplesava po prostoru.«

Razumem. »Glede na spremembe frekvence svetlobe vemo, kako se spreminja hitrost vira svetlobe. In še več. Lahko izmerimo, da hitrost vira svetlobe ne vpliva na valovno dolžino svetlobe, to pa pomeni, da hitrost vira svetlobe vpliva na hitrost svetlobe v opazovanih točkah praznega prostora.«

»To pa je daleč od tega, da bi točka v vakuumu posredovala svetlobo drugi točki ne oziraje se na vir svetlobe,« zaključí.

»Prijatelji so mi govorili, da pri mnogih pojavih oziroma doktrinah, ki jih omenjava, opazamo izredno uspešne in natančne potrditve vedno enake hitrosti svetlobe,« se še vedno ne vdam.

»Omenila sva tri doktrine, ki jih med zagovorniki vedno enake hitrosti svetlobe najpogosteje slišimo. Podobno je z ostalimi doktrinami.«

Počaka, potem pa poudari: »V znanosti štejejo le meritve. Take ali drugačne doktrine nas kaj hitro zavedejo in nam potrjujejo tisto, kar želimo slišati.

Neposredne meritve hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe so znane, vendar rezultati teh meritev še niso objavljeni. Eno od meritev sva omenjala in jo prikazuje Slika 12, zato ni potrebe po takšnih ali drugačnih doktrinah.«

Komet Hale-Bopp

»Za dokazovanje hitrosti svetlobe z gibajočega vira sva omenila le eno meritev. Ena meritev ne zadošča,« sem kritičen. »Ali lahko najdeva še kakšno meritev, ki kaže, kakšna je hitrost svetlobe z gibajočega vira svetlobe?«

Zamislil sem. »Leta 1997 so na Univerzi Wisconsin merili valovno dolžino svetlobe, ki prihaja s kometo Hale-Bopp³. Merili so spektralno črto valovne dolžine 630.0304 nm. Opazili so, da hitrost kometa ne vpliva na valovno dolžino te spektralne črte. Ne glede na hitrost kometa so zaznali spektralno črto pri isti valovni dolžini.«

Začudim se. »Hitrost kometa se spreminja, z njim pa frekvenca svetlobe, ki prihaja s kometo. Vedno enaka valovna dolžina svetlobe ob spreminjajoči frekvenci svetlobe pomeni, da se s hitrostjo kometa spreminja hitrost svetlobe.«

»Tako kot tebe preseneča rezultat te meritve, je presenetil tudi avtorje meritve. Niso želeli takega rezultata. Pričakovali so valovno dolžino svetlobe, ki se spreminja po Dopplerjevem zakonu. Pričakovali so, da se po Dopplerjevem zakonu spreminjata tako frekvenca kot valovna dolžina svetlobe.«

»Ampak rezultat meritve je bil tak, temu niso mogli ugovarjati,« sem presenečen.

»Res je. Kljub temu so nasprotovali rezultatom lastne meritve. Ker niso mogli sprejeti izmerjene vedno enake valovne dolžine svetlobe, so se domislili, da merjena svetloba na merilnik ne prihaja s kometo, ampak iz Zemljine atmosfere. Ozračje naj bi svetlobo iz vesolja vsrkalo in jo izsevalo z vedno enako valovno dolžino, kakršno so izmerili.«

»Tako domnevo bi lahko ovrgli tako, da bi teleskop, s katerim so merili, iz kometa preusmerili v temni del neba. Atmosfera namreč seva enako z vseh delov neba. Ali so to poizkusili?« me zanima.

³ Large Aperture [O I] 6300 Å Photometry of Comet Hale-Bopp: Implications for the Photochemistry of OH https://www.psi.edu/sites/default/files/images/staff/jpmorgen/pdf/jpmorgen02_hale-boppOI_poster.pdf

»Niso, vendar tako meritev še vedno lahko opravimo. Meritev izsevane svetlobe iz ozračja tudi danes lahko ponoviva, čeprav ni kometa. S to meritvijo lahko potrdiva, da nebo ne seva svetlobe, ki so jo izmerili takratni raziskovalci.«

Doumem. »Svetloba, ki so jo merili, je torej prihajala s kometa in dokazuje, da hitrost kometa ne vpliva na valovno dolžino svetlobe. S tem pa hitrost kometa ob spreminjajoči frekvenci svetlobe vpliva na hitrost svetlobe.«

Vedno enaka hitrost svetlobe bi bila njena slabost

Obnemim.

Opazi moje presenečenje zato nadaljuje: »Bi si ti želel, da bi bila hitrost svetlobe v vakuumu vedno enaka?«

Ne odgovorim mu, zato pojasni: »Stvarnik vesolja, kdorkoli to že je, je ustvaril genialno vesolje. Vse je na svojem mestu natanko tako, kot mora biti. Z merjenjem valovne dolžine (z optično prizmo) lahko merimo mase zvezd. Z merjenjem njene frekvence (z uklonsko mrežico) pa lahko merimo hitrosti zvezd.

Če bi bila hitrost svetlobe vedno enaka, ne bi vedeli, ali se zamik spektralne črte zgodi zaradi mase zvezde ali njeni hitrosti.

Pri opazovanju vesolja bi bili slepi. Vesolje lahko razumemo šele, če se frekvenca svetlobe spreminja neodvisno od njene valovne dolžine. Neodvisno spreminjanje frekvence od njene valovne dolžine pa pomeni tudi pestre hitrosti svetlobe.«

Ponovitev meritev

»Kaj bi se zgodilo, če bi midva meritve hitrosti svetlobe z vrtečega se Sonca metodološko dodelala do odličnosti ter prijazno povabila fizike tako na predstavitev metode merjenja kot tudi na predstavitev merilnih rezultatov? Za fizike je ta meritev nova, saj je strokovna literatura ne omenja. Zanje bi morala zato biti zanimiva.«

»Ne le nova in zanimiva, meritev je tudi ključna za poznavanje narave svetlobe,« me dopolni, potem pa nadaljuje: »Kot sva opazila pri merjenju svetlobe, ki prihaja s kometa Hale-Bopp, ali pri merjenju širine spektralne črte svetlobe s Sonca, avtorji meritev niso verjeli niti svojim merilnim metodam niti rezultatom svojih meritev. Enako ali še slabše bi se godilo, če bi jim midva pokazala najine meritve. Pri tem strokovna utemeljenost meritve ne igra posebne vloge. Ključno je osebno prepričanje ocenjevalcev teh meritev.

Razmišlja, potem pa nadaljuje: »Nas ljudi opredeljuje pripadnost, na primer narodna ali verska, predvsem pa nas določajo naša znanja in prepričanja, ki smo jih pridobili v času šolanja in poklicnega delovanja. Tudi tvoja osebnost temelji na tvojih znanjih in prepričanjih. Tvoja znanja in prepričanja ti veliko pomenijo. Zamisli si, da te ljudje poznajo kot strokovnjaka. Potem pa se pojavi nekdo, ki z neko novo idejo ustvari dvom o tvojem znanju.«

Zamislím si, kako bi bilo, če bi sam vse življenje študiral fiziko in nízal družbena priznanja za svoje uspehe. V to bi vložil vso svojo energijo in si zagotovil zavídanja vreden položaj v družbi. Če bi se pojavil dvom o teh znanjih, bi bila na koncu ogroženo vse moje delo, dolgoletni trud, ugled, pa tudi moja osebnost.

Mentor opazi mojo zadrego, zato me potolaži. »Kot v fiziki veljajo fizikalni zakoni, tako v psihologiji veljajo zakoni psihologije. Za rešitev vprašanja hitrosti svetlobe zato ni dovolj, da obvladava samo fizikalne zakone. Za razširjanje fizikalne znanosti je potrebno razumeti, upoštevati in obvladati tudi zakone psihologije.«

Fizika na robu zaznavnega

»V današnjem času je hitrost svetlobe v zavesti ljudi nekaj dokončnega in nedvoumnega, nekaj, kar ne potrebuje preverjanja,« sem razočaran. »Zaradi usmiljenja do ohranjanja osebnih stališč ne bi smeli žrtvovati fizikalne znanosti. Fizika zaradi osebnih prepričanj množic ne more ostati na mestu ali celo v zmoti.«

»Brez izumov Nikole Tesle svet res ne bi mogel napredovati. Ko pa pogledava področje temne snovi in temne energije, pa zmote ne vplivajo na naše vsakodnevno življenje. Teh pojavov neposredno ne zaznavamo, zato spadajo med bolj ali manj nezaznavne pojave.«

»Kljub vsemu je smiselno graditi objektivni pogled na naše stvarstvo, četudi tega ne moremo zaznati,« se še vedno nisem dal prepričati.

Pomisli, potem pa nadaljuje: »Ljudje smo naklonjeni skrivnostim, tako na področju religij kot na področju temne snovi in temne energije. Tudi teorija relativnosti, veliki pok in kvantna fizika so skrivnostni. Morda prav naša naklonjenost skrivnostim ovira objektivno razumevanje hitrosti svetlobe.«

Luč na koncu predora

»Kdaj bo torej izmerjena hitrost svetlobe z gibajočega vira svetlobe?« sem nestrpen. »Zanima me še posebej zato, ker pozna metodo merjenja hitrosti svetlobe z gibajočega vira.«

»Midva nisva edina, ki o hitrosti svetlobe razmišlja na ta način. Na spletnih straneh se pojavljajo razprave, ki v daljavi kažejo 'luč na koncu predora'. Med posamezniki se razširja znanje o hitrosti svetlobe, ki temelji na meritvah.«

»Koliko časa bo še potrebno čakati, da fizika napravi ta, kot kaže res zahteven korak in izmeri hitrost svetlobe z gibajočega vira svetlobe?« me zanima.

Hudomušno mi odgovori: »Prvi zapisi o tem, da Zemlja kroži okrog Sonca, so se pojavili tisoč let pred tem, preden je znanost privzela ta pogled.«

Vidi je moje razočaranje, zato nadaljuje: »Mogoče v ne tako daljni prihodnosti se bo med študenti fizike pojavila pobuda, da pri seminarski nalogi opravijo meritev, opisano na Sliki 12. Profesor bo morda celo ugodil njihovim prošnjam.«

Bil sem navdušen in sebe že videl med tistimi študenti.

Nadaljuje je: »Naslednja težava lahko nastane pri opisu rezultatov meritev. Vsem ne bodo všeč. Vendar poti nazaj ne bo. Znanost bo tako stopila korak naprej pri poznavanju narave svetlobe.«

Na poti domov

Do nedavno metoda za merjenje hitrosti svetlobe, ki prihaja z gibajočega vira svetlobe, ni bila poznana. Posledično je bila njena hitrost privzeta (podobno kot aksiom) in enačena s konstanto c .

Današnje fizikalno znanje meritev hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe omogoča (Slika 12). Meritev kaže, da hitrost vira svetlobe vpliva na hitrost svetlobe. Le-ta je posledično lahko tudi različna od konstante c .

Napačno razumevanje hitrosti svetlobe nas vodi v zgrešeno razumevanje zgradbe vesolja in ustvari iluzije. Morda sta taki iluziji tudi temna snov in temna energija ter skrivnostno pojmovanje tako teorije relativnosti kot velikega poka.

Pazite, s čim zalivate svoje sanje.

Zalivajte jih s skrbmi in strahom in ustvarili boste plevel, ki bo zadušil življenje v vaših sanjah.

Zalivajte jih z optimizmom in rešitvami in gojili boste uspeh.

Lao Tzu kitajski filozof in mislec
4.-6. stoletje pr. n. št.

ČETRTO SREČANJE

ZNANOST NA NOVI POTI

Imam soseda, ki je matematik, ljubiteljsko pa tudi fizik. Pogosto se srečava. Vsakič izmenjava nekaj misli. Od mene je starejši. V tistih kratkih pogovorih čutim, da z vprašanji ne preverja le mojega znanja, ampak tudi mojo inteligentnost. Zastavlja mi vprašanja, s katerimi me spodbuja k razmišljanju.

Vpraša me na primer, katera sta drugi in tretji najvišji vrh v Sloveniji. Za Triglav kot najvišjo goro vem, sem pa lahko v zadregi pri odgovoru, katera sta drugi in tretji najvišji vrh. Včasih mi pred razhodom pove odgovor, včasih pa pusti, da ga na spletu poiščem sam.

Tudi danes se srečava. Vpraša me, zakaj po mojem mnenju Einsteinu ni bila vseč Newtonova fizika, zakaj je vpeljal teorijo relativnosti. Nič več mi ne pove in vem, da bo naslednjič, ko se srečava, pričakoval moje mnenje.

»To je lahko izhodišče za nov pogovor z mentorjem,« pomislim. Mentorja pokličem in povabi me je k sebi, zato se že četrtrič odpravljam do njega.

Teorija relativnosti

Mentorju postavim vprašanje glede teorije relativnosti, tako kot mi ga je zastavil sosed.

»Narava svetlobe določa način našega zaznavanja prostora in časa. Naše zaznavanje prostora in časa je odvisno predvsem od hitrosti svetlobe v različnih okoliščinah. Prostor in čas se nam kaže drugače, če je hitrost svetlobe vedno enaka, kot če hitrost vira svetlobe vpliva na hitrost svetlobe, kot to kaže meritev.

Einstein je menil, da je hitrost svetlobe v vakuumu vedno enaka. Posvetil se je vprašanju, kako bi zaznavali prostor in čas v takih okoliščinah.

V mislih si je znal predstavljati tak svet. Imel pa je ženo Milevo, ki je obvladala matematiko. Skupaj jima je tak prostor in čas uspelo matematično opisati.

Glede njune predstave o svetu, kjer bi bila hitrost svetlobe vedno enaka in njunega sijajnega matematičnega opisa takega sveta, ju lahko le občudujemo.«

Matematični zapis ne dokazuje stvarnosti

Razmišljam: »Ali skladen matematični zapis prostora in časa ni zagotovilo, da leta objektivno opisuje naravo?«

Ne strinja se. »Matematični zapis teorije relativnosti je konsistenten z matematičnega zornega kota. Z matematičnega zornega kota mu nimamo česa očitati. To pa še ne pomeni, da naravo opisuje objektivno.«

Zmeden sem, zato nadaljuje. »Imamo še en opis narave, ki ga je opisal Newton. Tudi on prostor in čas opisuje matematično korektno. Njegov zapis ne temelji na vedno enaki hitrosti svetlobe. Temelji na hitrosti svetlobe, kjer hitrost vira svetlobe vpliva na hitrost svetlobe na način, kot sva jo izmerila.«

Počaka, potem pa nadaljuje: »Imava torej dva matematično ustrezna opisa prostora in časa. Nobenemu od njiju z matematičnega stališča ne moremo ničesar očitati. Temeljita pa na različnih, med seboj izključujočih se izhodiščih o hitrosti svetlobe. Posledično le eden od njiju prostor in čas opisuje objektivno.«

Postane mi jasno. »Le objektivna meritev hitrosti svetlobe pove, kateremu zapisu lahko zaupamo.« In še nekaj: »Najina spoznanja o hitrosti svetlobe, pridobljena meritvami, izključujejo Einsteinovo teorijo relativnosti.«

Potrdi. »Odločiti se morava, ali se odrečeva izmerjeni hitrosti svetlobe ali se odrečeva teoriji relativnosti.«

Večinsko mnenje o prostoru in času

Pripomnim: »V javnosti vlada večinsko mnenje, da je teorija relativnosti tista, ki pravilno opisuje prostor in čas.«

»Res je, vendar na spletu najdeva tudi utemeljena nasprotovanja teoriji relativnosti, zato doktrina o teoriji relativnosti ni zaključena.«

»Zakaj so razprave o teoriji relativnosti v slepi ulici? Zakaj te razprave niso že pripeljale do skupne ugotovitve, kjer bi prišli do skupnega in objektivnega mnenja o teoriji relativnosti?«

»Te razprave in ta nasprotovanja imajo usodno past. Dvomljivci glede teorije relativnosti iščejo napako v matematičnem opisu teorije relativnosti, kjer pa napake ni. To pa tovrstne razprave pelje po Sizifovi poti.

Postane mi jasno. »Te nesporazume je možno pojasniti le z meritvami hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe. Ko bo fizikalna veda izmerila hitrost svetlobe z gibajočega vira svetlobe, bodo ostali le še Newtonovi zakoni. Teorija relativnosti so bo izkazala kot napačna.«

Po razmisleku nadaljujem. »Pričakoval bi navdušenje nad meritvijo hitrosti svetlobe na način, kot kaže Slika 12. S tem bi končali dileme o prostoru in času, ki jih omenjava.«

Nekaj časa razmišlja, potem pa pojasni: »Newtonov pogled na prostor in čas se nam zdi dolgočasen zaradi preprostosti. V njem ni nobenih skrivnosti. Človekov duh rabi nekaj skrivnostnega in presežnega.

»Strinjam se. Zdrava pamet nam govori, da bi morali znanstveniki z veseljem privzeti meritev hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe in na ta način fiziko iz skrivnostnosti privedi nazaj v stvarnost. Takim pričakovanjem moramo dati čas. Očitno se ne morejo zgoditi na hitro.«

Veliki pok

»Sicer pa teorija relativnosti ni edino področje fizike, ki ga meritev hitrosti svetlobe lahko pojasni. Imamo še skrivnostni veliki pok. Če ne ločujemo med zamikom spektralne črte zaradi gravitacije in zamikom spektralne črte zaradi hitrosti zvezd, ne vemo, ali naj zamik spektralne črte pripišemo hitrostim zvezd ali njihovim masam.«

Poslušaj me, potem pa nadaljuje: »Morda se vesolje ne širi. Morda je naše videnje širjenja vesolja le privid, le posledica zmotnega razumevanja narave svetlobe.«

Nedvomno bomo z merjenjem frekvence svetlobe izmerili drugačne hitrosti zvezd od danes izmerjenih. Današnje hitrosti zvezd niso merjene na osnovi frekvence svetlobe, ampak so zmotno merjene na osnovi merjenja valovne dolžine svetlobe.

»To torej pomeni, da se vesolje morda ne širi,« se čudim. »Če se vesolje ne širi, izgubimo ključni argument za veliki pok. Morda se bomo po opravljeni meritvi hitrosti svetlobe morali odpovedati tudi velikem poku, kot ga razumemo zdaj.«

Mojo misel nadaljuje on: »Če se nam izmaknejo argumenti za veliki pok, lahko postane vprašljiva tudi aktualna razlaga nastanka vesolja.«

TEMNA SNOV, kaj je to?

Pretresa me misel: »Hitrosti oddaljenih nebesnih teles so zmotno merjene z merjenjem valovne dolžine svetlobe in ne frekvence svetlobe. Zmotno merjenje dogajanja v vesolju nam daje napačno razumevanje vesolja.«

Vznemirjata me teorija relativnosti in veliki pok, ki ju bo po vsej verjetnosti treba nadomestiti z novo teorijo.

Mentor se strinja. »Manjši problem bi imeli, če dogajanja v vesolju ne bi poznali. Glavnina problema izhaja iz tega, da brez ustrezne meritve menimo, da poznamo hitrosti nebesnih teles.

V vesolju opažamo nepričakovana gibanja nebesnih teles. Med ta gibanja lahko štejejo domnevno vedno hitrejša širjenja vesolja, nepričakovano obnašanje zvezd v galaksijah in včasih nepojasnjeno velike hitrosti kroženja nebesnih teles.«

»Podobno so pred stoletji opazovali nepričakovano gibanje planetov,« dodam.

»Skrivnostna gibanja oddaljenih zvezd, ki so utemeljena z dvomljivimi meritvami teh gibanj, ne znamo pojasniti z znanimi fizikalnimi zakonitostmi. Da bi ta dvomljiva gibanja vseeno pojasnili, smo si omislili temno snov in temno energijo.«

Še nekaj doda. »Lahko sva prepričana, da ne bo več potrebe po razlagi s temno snovjo in temno energijo, ko bomo objektivno izmerili hitrosti nebesnih teles.«

Meriti ali ne meriti, to je vprašanje

Po odhodu domov spoznam, v kakšno 'osje gnezdo' sva dregnila, ko sva predlagala meritev hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe, to je meritvi, ki je opisana na Sliki 12. Ta meritev pomeni tektonske premike v fiziki.

Meritev hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe lahko kadarkoli opravi na stotine observatorijev po svetu. Za to meritev ni nobene tehnološke niti metodološke ovire.

Ovire so le psihološke. Ljudje se odločamo, 'meriti ali ne meriti'. Mnogi se za meritev prav zlahka ne bodo odločili, saj bi to imelo prevelike posledice za aktualno znanost. Obstajajo pa tudi tisti, ki jih bo meritev pritegnila, če ne zaradi drugega, zaradi radovednosti o rezultatih meritve. Ko pa bo ta meritev opravljena, ne bo več poti nazaj.

NAGOVOR FIZIKOM

Več mesecev je minilo od zadnjega srečanja z mentorjem. Marsikaj se v tem času dogaja v moji glavi.

Od mentorja sem mlajši, zato nimam slabih izkušenj z razkrivanjem in objavljanjem novih spoznanj. Lahko sem mladostniško optimističen.

Posledično se veselim srečanja z mnogimi fiziki ob meritvah hitrosti svetlobe z gibajočega vira svetlobe. Verjamem, da me ta srečanja in skupne meritve hitrosti svetlobe ne bodo razočarale, da bodo le-te nam vsem v veselje in nam vsem skupaj v sodelovanju razjasnile naravo svetlobe.



O avtorju

Franc Rozman (fr.rozman@gmail.com) je diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani leta 1973. Pridružil se je oddelku za raziskave in razvoj v Iskratelu, enem najuglednejših telekomunikacijskih podjetij v Sloveniji, kjer je bil vodilni oblikovalec programske opreme. Objavil je vrsto člankov in bil avtor številnih rešitev, vključno s patenti. Zasnovo in razvoj je programske opreme za učenje jezikov, ki je bila podprta z umetno inteligenco. Vmes se je poglobljal v zakonitosti fizike v povezavi s filozofijo. Objavil je več knjig povezanih s to temo. Od leta 2010 je neodvisen raziskovalec na področju fizike.