

Franc Rozman

V tančico skrivnosti odeta

RELATIVNOST ČASA

fr.rozman@gmail.com



Poslovila sva se. Lucija mi je nagajivo pomahala v slovo in zaprla vrata. Zunaj se je že temnilo. Ves popoldan sva premelevala in se zabavala ob fizikalnih vprašanjih. Jutri imamo na šoli fizikalni krožek in midva z Lucijo imava nalogo, da predlagava fizikalna vprašanja, na katera bomo skupaj ob pomoči mentorja skušali odgovoriti.

Hodim po ulici proti domu in v mislih še vedno premlevam najine fizikalne umotvore. Mentor nama je naročil, naj na spletu skušava najti zanimiva fizikalna vprašanja. Luciji je to več kot uspelo.

Hodim, vmes pa razmišljam, kaj me je privlačilo, da sva z Lucijo ves popoldan presedela ob fiziki, sedaj pa se zadovoljen vračam domov.

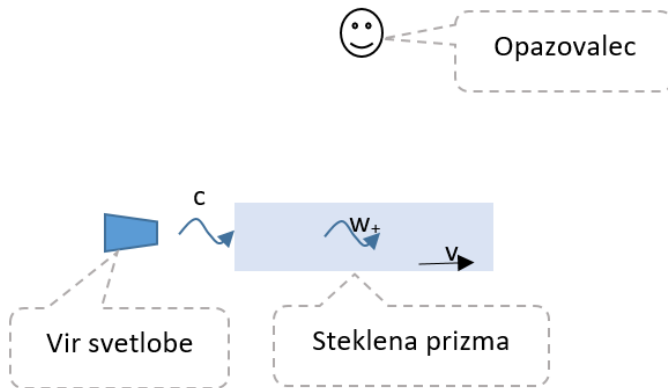
Ljudje smo radovedni in raziskujemo. Raziskovanje nas privlači in , notranje zadovoljuje. Možnosti raziskovanja so neizčrpne. Ugotavljala sva, da je onkraj znanega še mnogo nepojasnjenega in, tako meniva, del tega bova jutri predstavila na fizikalnem krožku. Najine razprave niso dale rešitev, predvsem so nama ustvarjale dvome. Nujno torej rabiva mentorja da razčistimo eno za drugim.

Lucija je nekje na spletu našla devet fizikalnih problemov. Nanizana so le vprašanje brez odgovorov. Namesto odgovora je bil hudomušen izziv, naj se bralec sam potruži priti do odgovora. Ni bilo navedeno, 'naj dijak sam skuša priti do odgovora', čeprav se iz oblike zapisa da razbrati, da so vprašanja pripravljena tako, da se jih v šoli le še izpostavi mentorju. Bila so kot naročena za najino jutrišnjo predstavitev.

Zvečer, ko sem se že pripravljaj za posteljo so bila vprašanja in tudi najin razgovor z Lucijo na temo posamezna vprašanja v mojih mislih še vedno živa. Eno od vprašanje se je nanašalo na lom svetlobe. Vzel sem zapiske, ki sva si jih natisnila in ga še enkrat pregledal.

A – lom svetlobe

Oglejmo si primer na sliki. Svetloba s hitrostjo c vpada v medij, na primer v steklo. Steklена prizma se glede na opazovalca giblje s hitrostjo v . Kakšno hitrost svetlobe w_+ opazovalec opaža v steklu.



Vprašanje je kratko in jedrnat. Če bi bil sam in ob meni ne bi bilo Lucije, bi mi odgovor dala enačba o hitrosti svetlobe v steklu, ki pravi, da hitrost svetlobe v steklu določa enačba:

$$w_+ = \frac{c}{n}$$

Hitrost svetlobe v steklu je označena z w_+ , c je hitrost svetlobe v vakuumu, n pa lomni količnik, ki pove, razmerje med hitrostjo svetlobe v vakuumu in v steklu.

Lomni kot svetlobe v steklu je odvisen od hitrosti svetlobe v steklu, hitrost svetlobe v steklu pa od lomnega količnika. Če hitrost svetlobe v steklu ne bi bila skladna z gornjo enačbo, bi bil lomni kot svetlobe, pri vpadu svetlobe v steklo odvisen od hitrosti steklene prizme.

Lucija le posluša, sam pa sem nadaljeval v svojem zagonu. Če bi bila hitrost svetlobe v leči odvisna od hitrosti gibanja leče, bi leča imela različne goriščne razdalje pri različnih hitrostih gibanja leče. Hitrosti gibanja teleskopa ne vpliva na optične lastnosti teleskopa, zato lahko zaključiva, da hitrost stekla oziroma medija nima vpliva na hitrost svetlobe v mediju.

Hitrost steklene prizme je posledična nepomembna in ne vpliva na hitrost svetlobe v steklu.

Na krožku lahko prikaževa izračun za izbran lomni količnik stekla. Različne vrste stekla imajo delno različen lomni količnik. Če na primer privzameva lomni količnik stekla $n = 1,41$ potem je hitrost svetlobe v steklu po enačbi $w_+ = c/1,41 = 0,7 c$.

»Nisem čisto prepričana« po krajšem razmisleku na pol za sebe izreče Lucija. »Brala sem, da hitrost svetlobe v mediju določa enačba:

$$w_+ = \frac{c}{n} + v$$

»Fotoni v steklu se zaletavajo med molekulami stekla znotraj steklene prizme. Steklo s svojo strukturo na ta način določa hitrost svetlobe v steklu skladno z gornjo enačbo. Menim, da le takšna hitrost svetlobe v steklu omogoča skladno pojasnitev pojavov v teoriji relativnosti. Kakršna koli druga hitrost svetlobe v steklu poruši model teorije relativnosti. To si morava podčrtati, da nama jutri mentor pojasni.

V tem primeru opazovalec opaža večjo hitrost svetlobe. Za ilustracijo si izbereva $v = 0,1 c$ hitrost steklene prizme na sliki. Hitrost svetlobe v stekleni prizmi je, gledano s strani opazovalca na sliki, $w_+ = 0,7 c + 0,1 c$, kar pomeni $0,8 c$.

»če se malo potrudiva in pobrskava po spletu, mogoče že sama najdeva odgovor na gornje vprašanje« predlaga Lucija. Res se polotiva iskanja odgovora po spletu in naletim na meritev Hippolyte Fizeau je leta 1851 meril in izmeril vpliv hitrosti medija na hitrost svetlobe v mediju. V stekleni cevi, skozi katero z veliko hitrostjo teče voda, je meril, kako hitrost vode vpliva na hitrost svetlobe v vodi, kar je opisano v članku https://en.wikipedia.org/wiki/Fizeau_experiment .

Ugotavlja, da v mediju (steklu) na hitrost svetlobe vplivata tako lomni količnik n , kot hitrost gibanja medija v po enačbi.

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

»Če privzamemo lomni količnik stekla $1,41$ in hitrost gibanja steklene prizme $0,1 c$, izračunam hitrost svetlobe v mediju $w_+ = 0,75 c$ «.

Lucija se začudi »V steklu imamo torej tri različne zakonitosti za tri različne hitrosti svetlobe: **$0,7 c$** , **$0,75 c$** in **$0,8 c$** .«

»Ampak meritve so kljub vsemu najboljši argument, ki potrjuje za zadnjo alternativo«, po krajšem premisleku ne preveč prepričljivo pove Lucija. »Menim, da so za oceno hitrosti merodajni le rezultati meritev in le ti pravi argument za prepoznavo hitrosti svetlobe v mediju« še nadaljuje.

Tudi sam se strinjam s tem, vendar me enako prepričata tudi ostala dve odgovora. Problem je v tem, da imava tri prepričljive odgovore, od katerih je lahko pravilen samo eden. Odgovori namreč med seboj niso skladni in si nasprotujejo.

Na mizi se je oglasil telefon. SMS. Lucija pogleda. »Mami naju sprašuje, če sva kaj lačna ali žejna«

»Lačen nisem, bi pa sok«

Lucija se pogleda v ogledalo na steni, narahlo si popravi lase in odide iz kabineta.

Razmišljam: »Avtor zapisov, ki zagovarjajo eno, drugo ali tretjo hitrost svetlobe v steklu, so jo pripravljene goreče zagovarjati. Ne moti jih, da so v literaturi opisane tri med seboj različne hitrosti svetlobe v mediju, kjer vsaka temelji na drugih argumentih«.

Ob teh pogledih na hitrost svetlobe v steklu je objektivna in pravilna le ena od njih. Fizika ne bi smela zaključiti svojega raziskovalnega dela, dokler meritve in argumenti ne izključijo dveh pogledov na hitrost svetlobe v steklu, tako da ostane samo še eden.

Lucija se je vrnila z dvema kozarcema in enega postavila predme. Gledala me je naravnost v oči. Navdajala me je misel, da mi gleda v dno duše.

Opazil sem, da nama je prinesla razredčen jabolčni sok. Razredčen jabolčni sok je moja najljubša pijača. Čudil sem se naključju, da mi ustreže z najljubšo pijačo.

Še vedno me je imela omreženega s svojim pogledom. Rekla je: »Močno razredčen jabolčni sok«.

»To je moja najljubša pijača« sem se moral odzvati. Sicer bi bil videti še bolj presenečen, kot sem bil že sicer.

»Vem« je kratko odgovorila.

Po tem odgovoru sem ostal brez besed. Nikoli mi ne bo jasno, kaj punce vse vedo in od kod jim te informacije. Zadrego sem skušal zatajiti s preusmeritvijo pogovora na fiziko, potem, ko sem se odžejal skoraj z vsem sokom velikega kozarca.

»Znanost torej tudi nima enoumnih odgovorov na nekatera vprašanja. Tudi danes ima znanost o posameznih naravnih pojavih več alternativnih razlag, od katerih pa vsa ne morejo biti pravilna. Bojim se, da bo to trd oreh tudi za našega mentorja na fizikalnem krožku«

Lucija me je poslušala, opazil sem, da v mislih pripravlja svoj pogled na moje razmišljanje, nato pa obotavljajoče nadaljuje mojo misel:

»Razlog za različne razlage istega pojava, čeprav se to sliši čudno, je tudi v upiranju človekovega duha novim spoznanjem. Ljudje se čustveno navežemo na neko lastno razlago pojava in včasih raje žrtvujemo argumente, kot lastna prepričanja.«

»Prepustiva odgovor mentorju« sem zaključil temo na to vprašanje.

»Imam še en predlog« mi je v besedo vskočila Lucija. »Odgovori na ta vprašanja znajo biti zanimivi in lahko bi jih objavila v šolskem časopisu. Tu pa nastane zadrega, kajti objava odgovora mora biti do pikice enaka, kot jo bo dal mentor. Če odgovor zapiševa le malo drugače, lahko nastanejo dvomi, kaj smo se na krožki naučili in kako sva to midva razumela. Predlagam, da na dnu te strani pustiva prazen prostor, kjer bova napisala razlago mentorja, ki jo bo pregledal in nanjo dal pripombe, preden to midva objaviva v šolskem časopisu.«

Pojasnilo hitrosti svetlobe v mediju:

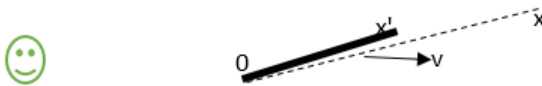
B – Razdalje v teoriji relativnosti

Lucija je v roki držala liste papirja, na katerih je imela natisnjena fizikalna vprašanja, ki jih morava pregledati. Dvigovala je list za listom in mi jih kazala tako, da so bili listi obrnjeni proti njej.

Za popestritev se je odločila za mimiko in me zgolj s kretnjami spraševala, katerega vprašanja naj se polotiva. Te kretnje so bile mikavne, še posebej pa so poudarjale njeno majčko, ki je bila videti čisto nova. Še nikoli je v njej nisem videl v šoli. Barve na njen so bile sveže in kar same privabljuje pogled. Lucijina mladostnost, njena mimika in njena majčka me je presunila. Zdelo se mi je, da sem za trenutek kar otrpnil. To sem skušal prikriti tako, da sem izbral predzadnji list papirja, ki mi ga je pokazala. Če bi izbral zadnjega, bi se izdal in priznal svojo hipno zamaknjenost.

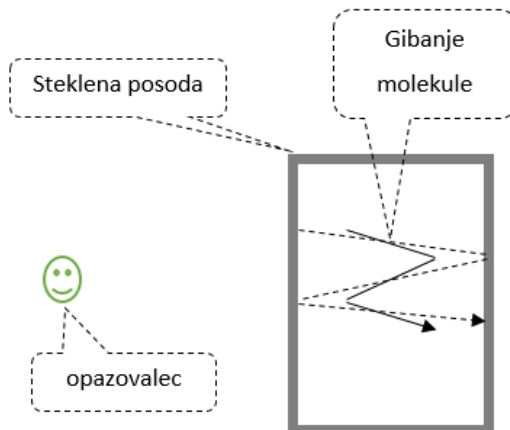
Predse sva torej postavila predzadnji list papirja in brala:

Opazovalec opazuje palico na sliki. Skladno s teorijo relativnosti je dolžina palice odvisna od njene hitrosti. Večja kot je njena hitrost, krajša je. Tako skrajšanje v teoriji relativnosti imenujemo kontrakcija dolžine.



Opazovalec na levi strani slike vidi mirujočo palico dolgo med točkama 0 do x . To isto palico, kadar se le-ta giblje, vidi krajšo, dolgo od točke 0 do x' . Čim večja je hitrost palica glede na opazovalca, krajša je njena dolžina.

Toliko za uvod, sedaj pa k vprašanju. Pojav skrajševanja razdalj prikazuje tudi primer na spodnji sliki.



V zaprti stekleni posodi je plin. Molekule plina se gibljejo, se zaletavajo med seboj in odbijajo na notranji ploskvi steklene posode. Ob zaletavanju se molekulam stalno spreminjajo hitrosti. Enkrat imajo večje drugič manjše hitrosti.

Počasna molekula se odbija od sten zaprte steklene posode, kot kaže črtkana črta na sliki. Kadar pa ima molekula veliko hitrost, opazovalec glede na teorijo relativnosti in kontrakcijo dolžine vidi krajše poti molekule ob odbojih, kot to kaže neprekinjena črta. Steklена posoda se glede na opazovalca ne giblje, zato za opazovalca premer posode ostaja enak.

Navidezno krajše poti molekul ustvarjajo iluzijo. Videti je, kot bi se molekula odbila od stene steklene posode, preden bi do nje sploh prispela. Odbije se tako rekoč od ničesar.

Nad primerom sem presenečen. Presenečenost opažam tudi pri Luciji. Po krajšem razmisleku prekinem molk. »Molekula se v resnici v vseh primerih odbija od sten steklene cevke tako, kot kaže črtkana črta na sliki. Svetloba na poti do opazovalca zamuja in mu popači in spremeni sliko o odbojih. Opazovalec posledično vidi le privid odbojev, neke vrste iluzijo, kot mu to kaže neprekinjena črta na sliki.«

Čakam, kaj bo na to pripomnila Lucija. Opazim, da si skuša urediti misli, preden karkoli reče. »Kot poznam mnenja fizikov, so zelo alergični na to, če jim kdo očita, da teorija relativnosti prikazuje neke fikcije oziroma iluzije.« začne svoje razmišljanje in nadlejuje: »fiziki svoje prepričanje temeljijo na Einsteinovi definiciji teorije relativnosti, ki pravi, da relativnost ne opisuje takih ali drugačnih prividov, da teorija

relativnosti opisuje stvarna dogajanja, kot se v naravi resnično dogajajo. Na osnovi tega so prepričani, da se molekula stvarno odbija od ničesar v praznem prostoru stran od steklene površine, preden molekula sploh prispe do stene.

»Tudi tukaj bova potrebovala mentorjevo pomoč« skušam posredno izraziti svoje dvome. Vidim, da Lucija svoje ideje še ni do konca izrazila, zato jo z mimiko in namigom povabim k besedi. Nadaljuje: »Fiziki se jezijo, ker dvomljivci v teorijo relativnosti sploh izpostavljajo takšne in podobne dileme, ki jih po njihovem mnenju sploh ni. Dvomljivci, namesto da bi bili ponosni na dosežek znanosti zadnjega stoletja, se ukvarjajo z namišljenimi dilemami, v smislu, zakaj se molekula stvarno ne bi mogla odbiti v praznem prostoru od ničesar, preden prispe do steklene površine steklene posode.«

Z Lucijo se strinjam, zato ji priskočim v podporo v bran njenemu mnenju z mislimi: »Nekdo, ki ni zaljubljen v teorijo relativnosti, bo mogoče mislil, da se norčujeva iz njega, ker izpostavlja, da molekula za odboj sploh ne rabi površine stekla, ker se lahko odbije kar v praznem prostoru, ne da bi se kam zadela. Ta vprašanja izpostavljam zato, da opozorim na ključno trditev teorije relativnosti. Le-ta pravi, da teorija relativnosti ne opisuje iluzij ampak resnična in stvarna dogajanja. Te dileme so fizikom razumljive, splošnim poznavalcem pa manj, zato nanje opozarjam z nazornim in konkretnim primerom.«

»Je pa res tudi nekaj drugega« se v bran fizikov postavi Lucija. »Takih pojavov v realnosti z opazovanji in merjenji v taki obliki, kot ga prikazuje opisan primer, ne moremo preveriti, saj posameznih molekul ne vidimo.«

Z njo se sicer strinjam, vendar turi taki miselni modeli niso za odmet. Opisani miselni poskusi v realnosti niso izvedljivi, temeljijo pa na

fizikalnih zakonitostih teorije relativnosti, zapisanih v matematični obliki. Miselni model torej ni pravljica ampak na osnovi matematičnih zakonitosti teorije relativnosti napravljen miselni model. Z drugimi besedami je to zapis fizikalnih matematičnih enačb v bolj predstavljeni obliki.

Tak miselni poskus lahko bodisi utrdi neko fizikalno zakonitost, lahko tudi ustvari dvom o tej zakonitosti, na primer dvom o tem, ali je relativistično skrajšanje dolžin neka stvarna danost ali je to le privid.

Pojasnilo k relativističnem skrajšanju dolžin:

C – hitrost svetlobe

Očitno sem o relativnem skrajšanju dolžin razmišljal preveč sam za sebe, tako da se je Lucija začela dolgočasiti. Na listek papirja je nekaj risala in pisala, potem pa listek zložila v mini pisemce.

»Komu pa pišeš taka prisrčna pisemca« me je zanimalo.

»To so globoke skrivnosti, ki jih nikomur ne povem« je rekla hudomušno in s pisemcem krožila po zraku.

Nagonsko sem na hitro iztegnil roko proti pisemcu in že naslednji trenutek sem ga držal v roki. Vse to se je zgodilo hipno iz moje hudomušnosti.

V tistem trenutku je Lucija prebledela, v hipu se ve vrgla proti moji roki in s veliko močjo skušala iztrgati listek iz moje roke. Nisem mogel verjeti, da takšno nežno bitje premore toliko fizične moči.

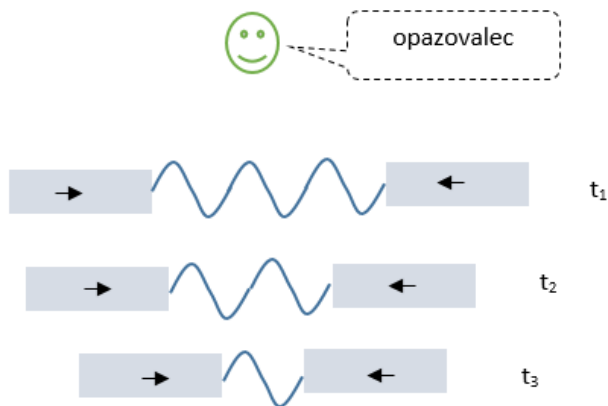
»Oprosti« sem ji rekel in ji vrnil pisemce. Tako hitro, kot se je ujezila, je njena jeza izginila. Najbrž se je zavedala, da je s pisemcem po žensko izzivala, jaz pa sem se na pisemce po moško odzval.

Prikupno se je sklonila nad koš za smeti in počasi, delček po delček trgala pisemce na drobne smetke in jih metala v koš.

»Človek ni nikoli dovolj previden« je rekla v opravičilo. Po drugi strani pa se je nagajivo nasmehnila ob uspešnem zaključku.

»Raje nadaljujva s fiziko« in že iz kupčka privlekla naslednji list.

Hitrost svetlobe je osnovna fizikalna konstanta, ki podaja hitrost, s katero se svetloba in drugo elektromagnetno valovanje širi v praznem prostoru. To definicijo preverimo na primeru, prikazanem na spodnji sliki.



Slika prikazuje dve stekleni kocki, ki se približujeta med seboj. Svetlobni (ali drug elektromagnetni) val izide iz leve steklene kocke, potuje po vakuumu med kockama in na koncu ponikne v desni stekleni kocki. Na vrhu slike sta kocki toliko oddaljeni, da se med njima pojavijo trije elektromagnetni valovi. Kocki se po približevanju čez nekaj časa za toliko približata, da je med njima prostora le še za dva EM valova. Kocki se še naprej približujeta in na dnu slike kaže takšno razdaljo med kockama, da je med njima prostora le še za en EM val.

Ker se razdalja med steklenima prizmama zaradi gibanja steklenih kocke zmanjšuje, je na tej razdalji vse manj EM valov in ko se stekleni kocki dotakneta, med njima ni več nobenega EM vala.

Število valov se med steklenima kockama lahko zmanjšuje le tako, da iz leve kocke v nekem časovnem obdobju prihaja manj

valov, kot jih vstopa v desno kocko. Fizikalno to lahko razumemo tudi tako, da je frekvenca izstopanja EM valov iz leve steklene kocke manjša, kot je frekvenca valov, ki vstopa v desno stekleno kocko.

Drugače je z opazovanjem valovne dolžine. Zunanji opazovalec na vsej razdalji med obema steklenima kockama opaža enako valovno dolžino.

Hitrost svetlobe je določena z enačbo $c = f \cdot \lambda$, kjer je c - hitrost svetlobe, f - frekvenca svetlobe, λ - pa valovna dolžina svetlobe. Na izstopu svetlobe iz leve steklene kocke opažamo drugo frekvenco svetlobe, kot na vstopu svetlobe v desno stekleno kocko. Različni frekvenci svetlobe ob enaki valovni dolžini svetlobe pa po enačbi $c = f \cdot \lambda$ pomenita drugačno izstopno hitrost svetlobe, kot je vstopna hitrost svetlobe na desni stekleni kocki.

»Tu sva v težavah« razmišlja Lucija. »Definicija hitrosti svetlobe nama ne dopušča, da bi razmišljala o kakršni koli drugačni hitrosti svetlobe, kot jo določa konstanta c , logični razmislek pa ne dopušča enake hitrosti svetlobe na izhodu iz leve in na vhodu v desno stekleno prizmo.«

Tudi sam sem v zadregi. »Vstopno in izstopno hitrost svetlobe je možno meriti z ločenim merjenjem frekvence in valovne dolžine svetlobe na vstopu in izstopu iz steklene prizme. Poglejva na spletu, če je bila taka meritev že izvedena« To predlagam in že se polotim iskalna po spletu.

Po iskanju razočaran ugotovim, da na spletu ni nobene sledi po taki meritvi.

Vidim, da mi Lucija glede iskalna popolnoma zaupa in se v času mojega iskanja kratkočasi z drugimi stvarmi. »Nobene podobne meritve ne najdem« ji razočaran sporočim. »Po drugi strani pa take meritve sploh ne bi bile zahtevne. Vsak nacionalni laboratorij bi jih lahko opravil.«

Neobstoj neposrednih meritev mi je poslabšal sliko celotne znanosti na tem področju, saj bi neposredne meritve hitrosti svetlobe na izvoru in ponoru svetlobe dale bolj neposredni odgovor na hitrost svetlobe v vakuumu.

Lucija opazi mojo zadrega, zato me hoče tolažiti: »Hitrost svetlobe je verjetno izpričana na mnoge, sicer posredne načine. Ne pričakujem, da bi meritve ta dejstva lahko spremenila. Odobravam pa seveda vsak poskus in meritev za utrditev spoznanj o hitrosti svetlobe.«

Razočaranje na mojem obrazu z Lucijino tolažbo še ni splahnelo. Vse bolj mi postaja jasno, zakaj fiziki pogosto celo emocionalno branijo v vseh razmerah enako hitrost svetlobe. Luciji odgovorim v tonu, ki ga pri meni ni vajena: »Na dogovoru o v vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe temelji toliko drugih fizikalnih zakonitosti, da bi kakršen koli dvom o hitrosti svetlobe postavil pod vprašaj mnoge druge fizikalne zakonitosti. Ti fiziki menijo, da so dvomi o hitrosti svetlobe škodljivi, saj fiziko vračajo nazaj v obdobje, ki ga je fizika že zdavnaj prešla.«

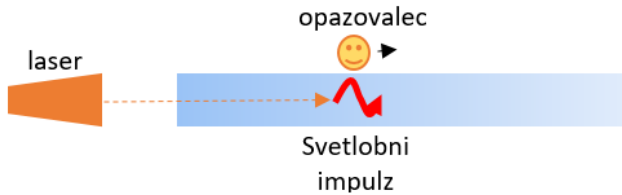
»Torej še eno vprašanje za našega mentorja« povzame besedo Lucija in nadaljuje »Pri tem morava mentorja usmeriti čim bolj na neposredne meritve hitrosti svetlobe, saj je posredno potrjevanje hitrosti svetlobe iz raznih pojavov preveč odvisno od mnogih dejavnikov in načina našega razmišljanja o tem.«

*Neposredne meritve o hitrosti svetlobe pri gibajočem viru
in ponoru svetlobe:*

D – še o hitrosti svetlobe

Lucija iz šopa listov potegne še en list, ga obrne proti meni in pravi:
»Tu imava še en primer o hitrosti svetlobe. Mogoče nama ta primer da
odgovor tudi na prejšnje vprašanje«

*Primer kaže, kako opazovalec ukani svetlobo, da le-ta potuje
ob njem in mu ne pobegne s svetlobno hitrostjo.*



Laser, ki se nahaja v ozračju, izseva svetlobni impulz. Zrak kot medij zmanjšuje hitrost svetlobe, zato svetloba skozi zrak potuje počasneje kot v vakuumu. V zraku je na nivoju miselnega poskusa svetloba dovolj počasna, da hipotetični opazovalec lahko sledi svetlobnemu impulzu. Svetlobni impulz in opazovalec lahko potujeta z enako hitrostjo, s tem pa mirujeta v odnosu drug na drugega. Kljub temu se odločim, da v miselnem poskusu opazovalec potuje za z 1 meter/uro manjšo hitrostjo. Razlika njunih hitrosti je tako majhna, da se je na oko neprepoznana.

Svetlobni impulz in opazovalec potujeta proti robu atmosfere, kjer je atmosfera vse bolj redka. Manjša gostota atmosfere z manjšim lomnim količnikom manj ovira gibanje svetlobe, s tem pa se svetlobnemu impulzu povečuje hitrost. Opazovalec sledi svetlobnemu impulzu in skladno s svetlobnim impulzom povečuje svojo hitrost tako, da je razlika njunih hitrosti ves čas 1 meter/uro.

Ko svetlobni impulz izide iz atmosfere in preide v vakuum, le-ta doseže svetlobno hitrost. Ker ima hipotetični opazovalec ves čas poskusa za 1 meter/uro manjšo hitrost od svetlobnega

impulza, mu lahko sledi tudi v vakuumu. Opazovalec po fizikalni doktrini ne more doseči svetlobne hitrosti, v miselnem poskusu pa lahko vzdržuje za 1 meter/uro manjšo hitrost od svetlobnega impulza tudi v vakuumu.

Oba umolkneva, saj se zavedava, da tudi ta primer ne bo prispeval k rešitvi prejšnjega vprašanja na način, kot ga razlaga fizike.

Po daljšem razmisleku prekinem molk. »Miselni poskus lahko razširiva še z merjenjem frekvence, seveda zgolj na nivoju miselnega poskusa. Opazovalca opremiva z merilnikom frekvence. Opazovalec in svetlobni impulz ves čas potujeta s skoraj enako hitrostjo. Merilnik skladno z Dopplerjevim zakonom kaže zgolj nekaj nihajev v sekundi. Neznatna interferenčna frekvenca valovanja je eksperimentalno preverjena, ko se val in opazovalec gibljeta s podobnima hitrostma.«

Lucija noče zaostajati v razmišljanju, zato nadaljuje: »Merilnik frekvence, če prav razumem, kaže nekaj Hz tako v primeru, ko se gibljeta v zraku, to je mediju, kot tudi potem, ko oba izideta iz ozračja v vakuum. Na osnovi frekvence EM vala ni mogoče ugotoviti, kdaj se opazovalec in svetlobni signal nahajata v ozračju in kdaj preideta v vakuum.«

Zoper prevzamem besedo: »Tudi tu nimava prave možnosti, da primer rešiva sama, brez mentorja. Imava o torej nasprotujoči si interpretaciji hitrosti svetlobe med opazovalcem in svetlobnim impulzom. Na osnovi Dopplerjevega zakona je hitrost med njima neznatna, na osnovi definicije svetlobne hitrosti pa naj bi bila med nima svetlobna hitrost«

Tokrat se Lucija vključi v pogovor s svojo intuicijo. »Vsak miselni poskus, še posebno poenostavljeni primeri, mora potrjevati doktrino o hitrosti svetlobe. Če je ne potrjujejo si zaslužijo dodatno obravnavo do

faze, ko je razumljivo in jasno razloženo, kje in zakaj prihaja do različnih interpretacij hitrosti svetlobe.«

»Fizik z dodatnim raziskovanjem tvega morebitno spoznanje, da doktrina o v vakuumu v vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe mogoče ni upravičena.« sem jo prekinil. »S takim dodatnim raziskovanjem tvega trdnost temeljev teorije relativnosti. Reševanje te dileme zahteva torej pogum.«

»Ali sva pogumna?« vpraša Lucija. »Ali upava pred mentorja z mislijo, da ne verjameva v vseh razmerah enako hitrost svetlobe, če ne najdemo neposrednih meritev, ki to potrjujejo.«

Ali misliš, da naju bo mentor upal odpraviti s stavkom, da osamljen primer neskladja še ne more biti razlog za popravek temeljnih postavk fizike.« Sem nagajivo pripomnil. »Bojim se, da morajo fiziki brez obotavljanja, tako rekoč slepo verjeti odkritim zakonitostim in na tem temelju graditi naprej, ne pa se vračati na že opisane pojave. Vračanje je lahko prepuščeno kvečjemu tistim, ki se šele uvajajo v fiziko v pedagoški namen.« sem zaključil svojo misel.

Hitrosti svetlobe pri vpadu na gibajoči ponor ni enaka svetlobni hitrosti c !

E - Čas obhoda Halleyjevega kometa

Moj telefon zabrni – SMS. »Ali imaš čas, nekaj pri kemiji mi ni jasno« preberem Mihovo sporočilo.

»Kar takoj ga bom poklical«, se upravičim Luciji in odidem v drugi kot sobe.

Pokličem: »Pripravljam se za jutrišnji fizikalni krožek, danes res nimam časa, lahko pa pokličeš Katjo, ona obvlada fiziko«

Miha za trenutek počaka, potem pa se pritoži: »Mislim, da me Katja ne jemlje resno. Zadnjič sem jo nekaj prosil, pa mi je le povedala, na katri strani v učbeniku to piše.«

»Ne znaš se povezovati s puncami.« mu očitam. »Naj ti dam nasvet: Pojdi do nje in ji dal kompliment. Boš videl, da se bo spremenila v drugo Katjo«

»Kaj naj ji rečem – da je lepa,« me Miha naivno vpraša. Nisem vedel, ali je res tako nevešč dajanja komplimentov ali me le preizkuša.

»Ne! Sem kar izstrelil iz sebe. Punce za svoje telo vedo da ima vsaj pet grozних pomanjkljivosti. Zelo so kritične do sebe. O teh pomanjkljivostih (tankih laseh, debelih nohtih, krivem zobu, dlakah na roki, ...) sicer ne govorijo, jih pa neizmerno motijo. Če jim rečeš, da so lepe, bodo to razumele, kot da jim hkrati očitaš vse te pomanjkljivosti.«

Miha je ostal brez besed. Zdelo se mi je, da dajanja komplimentov res ne obvlada, zato sem nadaljeval:

»Pojdi h Katji, skušaj ugotoviti, nad čem jen ponosna, na primer nad novo peresnico, nad rutico, ki jo ima okrog vratu. Približaj se ji in ji na primer pohvali rutico. Ne čakaj na odziv, zato ji še v istem stavku omeni, da te zanima nekaj glede kemije.«

Med nama je bilo nekaj trenutkov tišine, zato sem nadaljeval: »Moram nadaljevati s fiziko, jutri se vidiva, da mi poveš, kakšen bo odziv.«

Vrnil sem se k Luciji. »Oprosti, za prijatelje si je treba čas vzeti« sem se ji opravičil potem pa nadaljeval: »«ali si našla kaj zanimivega med najinimi nalogami?»«

»Tudi čas je pojem, na katerem temelji dovršen del fizike. Trdnost neke vede je sorazmerna s trdnostjo njenih temeljev. Naslednji primer nama lahko osvetli pojmovanje časa.«

»Res je, pojem časa smo skozi različna obdobja zgodovine različno razumeli. Leibniz in Kant sta menila, da je čas miselni konstrukt za določanje zaporedij dogodkov.« Sem povzel besedo. »Newton je v odnosu med maso, silo in pospeškom čas prepoznal kot fizikalno danost. Čas pospeševanja telesa namreč enoumno izhaja iz mase, ki jo pospešujemo, in iz sile pospeševanja. Čas torej ni le miselni konstrukt.«

»Najina naslednja naloga se nanaša na pojmovanje časa v teoriji relativnosti,« me je opozorila Lucija in nadaljevala: »V teoriji relativnosti čas teče hitreje ali počasneje, glede na hitrost objekta, na katerem se nahaja ura. Dolžina sekunde je odvisna od hitrosti gibanja opazovanega objekta.

Najina naslednja naloga se nanaša na pojmovanje časa na Halleyjevem kometu, ki kroži okrog Sonca in se Soncu približa približno vsakih 75 let.

Po teoriji relativnosti hitrost kometa vpliva na hitrost teka časa na kometu. Čas (ura) na kometu zaradi gibanja in hitrosti kometa teče počasneje kot na Soncu.«

Razumel sem, kam 'pes taco moli', zato sem sam prevzel besedo: Kljub počasnejšemu teku časa na kometu, se komet in Sonce vsakič srečata sočasno. Tudi če na Soncu ob njenem srečanju izmerimo drugačen čas, kot na kometu, s kometa bližino Sonca vidimo sočasno kot s Sonca bližino kometa.«

»Res je,« se ponovno vključi Lucija. »Če njuni uri ob srečanju ne kažeta istega časa, to ne pomeni, da moramo dvomiti v sočasnost njenih srečanj. Ni vprašljiva sočasnost srečanja, vprašljivo je njuno merjenje časa.«

»Poglejva na splet, kaj o tem pravi literatura« sem predlagal. Nič posebnega nisem našel, hotel sem že obupavat, pa me preseneti Lucija. Glej kaj sem našla: »Fiziki opažajo, da izmerjena časa na Soncu in na kometu neposredno ne kažeta sočasnosti njunega srečanja. To pa opravičujejo tako, da bi ob natančnem poznavanju orbite kometa na osnovi zapletenih računov lahko sklepali o tem, koliko kažeta uri ob njunem sočasnem srečanju. Ure same na sebi pa ne kažejo na nič, kar bi pomenilo njuno sočasno srečanje.«

Razočarana sva nad pojasnilom. Razmišljam: »Ura in čas, ki ga kažeta uri in sočasnost sta dva osnovna pojma iz področja časa. Po pričakovanjih bi se morala med seboj dopolnjevati brez vmesnega računanja.«

Tudi Lucija ne more skriti razočaranja in me prekine: »Teh orbit običajno niti ne poznamo, ali pa jih slabo poznamo, zato je tako

računanje tudi zato brezpredmetno. Imava torej dve uri, ki kažeta različna časa in ta različna časa pojmuje kot sočasnost. Čudno?»

Nekaj časa sva molčala, potem pa se polglasno začel razpredati svoje misli: »Način merjenja časa in merske enote časa je določil človek. Sprašujem se, ali je tako pojmovanje časa res najboljše, kar znanost premore. Pojmovanje časa bi lahko opredelili tudi na drug način. Na primer tako, da bi enak čas na dveh urah enoumno določal sočasnost opazovanega dogodka.

Tudi Lucija je skušala pridati svoj delež k temu razmišljanju in dodala: »Zapleteno in omejeno razumljivo opisani pojavi so razumljivi vse manjšemu krogu ljudi. Tako tudi vse manjši krog ljudi lahko presoja verodostojnosti in trdnosti fizikalnih teorij.«

»To je res,« se pa zavedajo, da bi temeljna sprememba merjenja časa prinesla tudi težave. Zahtevala bi temeljne spremembe na mnoga področja fizike.«

»Poglej, še nekaj sem našla,« se oglasi Lucija. »Fizika zagovarja, da sta različni hitrosti teka ur na kometu in na Soncu temeljna stvarnost, ki jo moramo sprejemati, ne glede na to, v kakšni meri to zapleta opisovanje pojavov. Vedo, da se komet in Sonce srečata sočasno, način merjenja časa pa otežuje razumljiv zapis njunega sočasnega srečanja na skupni lokaciji, zapisanim z enim samim časom srečanja.«

»Hecno,« razmišljam naprej. »Obstoječi način opisovanja časa njuno sočasno *srečanje* zapiše z dvema časoma na isti lokaciji v prostoru, pri tem pa ti dve vrednosti časa pomenita isti čas, to je sočasnost njunega srečanja. Če bi bila časa ur različna v primeru, da sta uri na različnih lokacijah, ali da bi opazovalec na uri gledal iz neke razdalje, bi bila časa mogoče celo razumljiva. Ker pa se opazovalec nahaja na isti

lokaciji kot uri, pa tudi omejena hitrost svetlobe ne more biti razlog za različna časa.«

Lucija se strinja. Njena ženska intuicija seže dlje od moške zato zaključi: »Radikalna skupina fizikov vse najine dvome pripisuje nerazumevanju fizikalnih pojavov. Ta skupina fizikov si fiziko lasti kot fizikalno dogmo in z vsemi sredstvi preprečuje razmišljanje o tej temi izven dogmatskih okvirov.«

Zaključiva, da nama ne preostane nama drugega, kot da prosiva mentorja za pomoč.

Merjenje sočasnosti v teoriji relativnosti.

F - Čas nihaja možica na vzmeti

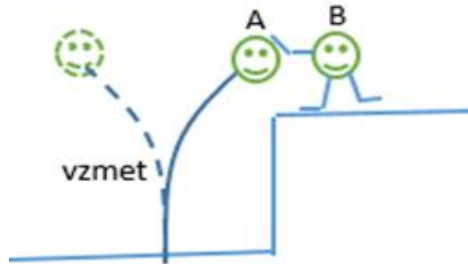
V današnjem svetu je telefon blagor in zlo. Tokrat naju je zmotil SMS na Lucijinem telefonu. Telefon je ležal na mizi. Lucija ga ni niti pobrala, le stegnila je roko in pritisnila tipko za odziv.

Na moje presenečenje se je na zaslonu prikazala moja slika, kako sošolki Jelki pomagam reševati matematično nalogo. Čisto sem bil sklonjen k njej, da bi bil bolj prepričljiv.

Lucija je hitro pograbila telefon, se zazrla v sliko in tudi v tekst, ki je sledil sliki. Teksta nisem uspel prebrati, prehitro je Lucija pograbila telefon. Imel sem občutek, da je tekst prebrala večkrat, nakar je pritisnila tipko za odgovor in tako močno pritiskala črka na tipkovnici, da me zaskrbelo za telefon, da ga ne bo zdrobila.

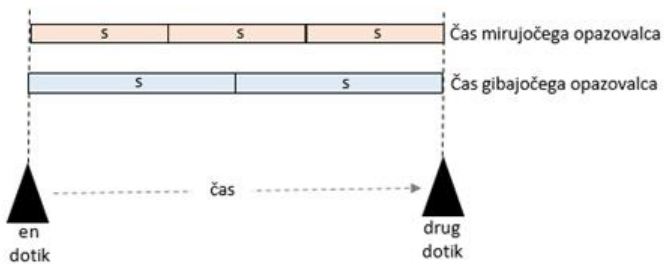
Po pritisku tipke 'Pošlji', je iz najinega kupa zapiskov čisto počasi vzela naslednji list, in se zazrla vanj. Dolgo časa je strmela, sam pa sem potrpežljivo čakal. Potem pa je mirno rekla, » še en primer relativnega merjenja časa imava,« kot da ne bi bilo SMS sporočila.

Možic A (na sliki) niha na vzmeti, možic B pa miruje. Ob vsakem nihaju se možica med seboj dotakneta.



Teorija relativnosti določa, da gibajočemu možicu ura tiktaka počasneje kot mirujočemu možicu. Podoben primer najdemo tudi v paradoksu dvojčkov. Dvojček v raketi se postara manj, kot dvojček na zemlji.

Diagram (na spodnji sliki) prikazuje, kako možicema poteka čas, kot ga določa teorija relativnosti.



Časovna os poteka od leve proti desni. Trikotnika kažeta dva dotika med možicema. Razdalja med trikotnikoma kaže čas med dotikoma.

Mirujoči možic med dotikoma zazna tri sekunde. Gibajoči možic v tem času zazna na primer le dve podaljšani sekundi. Med dvema za oba možica sočasnima dotikoma izmeri eden dve daljši drugi pa tri krajše sekunde.

»Tu ne smeva spregledati,« nadaljujem zapisano misel, »da možica v trenutku dotika **mirujeta v odnosu drug na drugega**. Če eden javi, da se za oba v skupni dotakneta po času treh sekund, drugi pa po času dveh sekund, iz te informacije ne morem razbrati njunega sočasnega dotika. Različna časa dotika me celo zavajata na misel o nesočasnosti njunega dotika.«

Lucija se strinja. »Če se ne zavedam, da sta časovni točki na sliki merjeni v različno dolgih sekundah, mi zapisana časa na primer kar dva dotika, kar pa se ne dogodi, kar ni res.«

Sam pa sem dodal: »Menim, da je merjenje časa z urami, ki tečejo vsaka po svoje, Sizifovo delo. S takima urama ni nemogoče nič izmeriti. Take ure so odvečne, nepotrebne in nekoristne.«

»Naj fizike kljub temu vzamem v bran,« je Lucija skušala omiliti moje razočaranje. »Fiziki menijo, da merjenje časa ni tako neizvedljivo. Menijo, da mirujoči opazovalec med enim in drugim srečanjem lahko spremlja gibanje gibajočega opazovalca in na osnovi njegove hitrosti izračuna, kakšna časa na eni in drugi uri pomenita sočasnost njunega srečanja.«

Nisem se pustil prepričati, zato sem nadaljeval: »Ob tem pa se zavedajo, da je tak odgovor pogojno sprejemljiv. Smiselno merjenje časa je le tako, ko sam rezultat merjenja, brez računanja, poda

dokončen odgovor o sočasnosti dotika, brez računanja. Po drugi strani je računanje sočasnosti na osnovi izmerjenega časa možno le v nekaterih primeru, to je samo takrat, če poznamo natančno zgodovino gibanja obeh opazovalcev med dotikoma. Če te zgodovine ne poznamo, je kakršno koli računanje nemogoče.«

Prikaz sočasnosti na urah.

G – Planiranje srečanja

Razočaranje in melanholija nad fiziko me je zazibala v neko sanjarjenje, ki pa se je iz fizike kar hitro prelilo v sanjarjenje o Luciji. Na njej me je nekaj zelo privlačilo, pri tem pa ne znam povedati kaj. Ali je to njena lepota in slokost, morda. Ali je to njena igrivost in človečnost, tudi morda. Ali je to njena razgledanost?

Odgovor niti ni pomemben, pomembno je dejstvo, da sva ustvarjena drug za drugega. Po drugi strani pa je to moje spoznanje prekletstvo. Otrpnem, če bi ji moral kaj takega povedati. Krč me zgrabi v grlo, zato to moje čustvo ostaja del mojega skrivnega sveta.

Iz tega sanjarjenja me prebudi Lucija s glasnim sporočilom: »Planiranje srečanja«. Srce sem čutil v vratu. Razbijalo je z vso močjo. Kakemu drugemu dekletu bi lahko obelodanil karkoli, blokada se je pojavljala le pri Luciji.

Debelo me je gledala, potem pa ponovila: »Sva pri fizikalni nalogi Planiranje srečanja, zakaj se tako čudiš?«

Prebudil sem se iz sanjarjenja in bil vesel, da sva na področju fizike. Skušal sem se zbrati in čim manj prikazati, kaj je bil vzrok moje odsotnosti in presenečenja. Vzel sem list z vprašanjem in ga počasi in pozorno bral.

V levi roki imam eno štoparico, v desni roki pa drugo. Obe naenkrat požnem in čez nekaj časa obe naenkrat ustavim. Obe kažeta enak čas.

V nadaljevanju obe štoparici požnem in eno takoj nato izročim prijatelju. Čez nekaj časa mi jo prijatelj vrne in takrat ponovno hkrati ustavim obe štoparici. Iz izmerjenih časov lahko sklepam, ali je štoparica, ki je bila pri prijatelju mirovala, ali jo je prijatelj z veliko hitrostjo kam prevažal. V primeru hitrega gibanja štoparice bo le-ta po teoriji relativnosti kazala krajši čas.

Štoparica, ki je bila pri meni, na koncu kaže na primer čas 60 sek, tista pri prijatelju pa 58 sek. Druga štoparica se je torej gibala, prijatelj pa mi ne pove kje in kako se je ura gibala.

Postavi se vprašanje, kako s tema časoma prikazati sočasen dogodek njune izključitve tako, da je 60 sek na eni štoparici enak času 58 sek na drugi uri. Rešitev ponujata le različno dolge sekunde na eni in drugi uri.

Povrnem se na misel, ki sem jo že izrekel, tokrat jo Luciji prikažem le na drug način. Pravim: »Sekunde kot merske enote so v teoriji relativnosti v splošnem različnih dolžin. Različne dolžine sekund, tako krajše kot daljše sekunde, v fiziki neupravičeno pojmujejo z istim pojmom – sekunda. Kadar različne pojme (kratke in dolge sekunde) pojmujejo z istim imenom, to vodi v kaos.«

»Se strinjam« nadaljuje Lucija. »Obstaja povezava o merjenju časa in o tem, kako dosledno na osnovi merjenja časa znamo časovno razporejati dogodke drugega za drugim. Opisovanje vrstnega reda dogodkov je namreč osnovna funkcija merjenja časa. Eden od kriterijev sosledja dogodkov je tudi sočasnost dveh dogodkov. Če relativno merjenje časa te sočasnosti ne zna opisati, je to katastrofalna hiba relativnega merjenja časa.«

Drug drugemu sva dajala pogum pri teh ugotovitvah, zato sem s svojim razmišljanjem prešel na konkreten primer. Nadaljeval sem: »Dva hitro gibajoča popotnika se na primer ne moreta dogovoriti za njuno naslednje srečanje, ker vsakemu ura teče drugače. Drug za drugega ne vesta, kako jima bo v odsotnosti tekla ura, ker drug za drugega ne

vesta s kakšno hitrostjo in kako se bosta gibala do srečanja. Njun dogovor o času srečanja je utopija, merjenja časa v njenem primeru pa brez uporabne vrednosti.«

»Res je« me je dopolnila Lucija. »Njuna časa bi bila primerljiva le na osnovi zapletenih izračunov, če bi drug za drugega za vsak trenutek vedela o njenem gibanju. O tem vnaprej ne vesta niti sama, zato sta njuni uri odvečni, v ničemer jima ne služita, najmanj pa za planiranje njunega naslednjega srečanja.

Ura, stvarnost ali iluzija.

H - Razbita ali cela vaza

»Kot zakleto je najino razumevanje naravnih pojavov povsod v nasprotju s pojmovanji fizikov« razmišlja Lucija, »kot da bi midva prišla

z drugega planeta. Ampak ne obupujva. Upajva, da nama na temelju 'zdrave pameti' uspe pojasni naslednji primer.«

Proti vazi (na sliki) enakomerno pada krogla. Padec krogle opazuje en opazovalec s krogle, drugi opazovalec pa je ob vazi.



Krogla po določenem času sama od sebe razpade in ob razpadu ustvari blisk. Mirujoči opazovalec opazi, da le-ta razpade nad vazo in vaze ne poškoduje.

Za opazovalca na krogli po teoriji relativnosti čas teče počasneje. V zaznavanju opazovalca na krogli, krogla posledično ne razpade nad vazo, razpade kasneje in nižje, zato zadene v vazo in jo razbije.

Ob vazi se nekaj časa po tem dogodku sprehodi naključni sprehajalec. Pojavi se vprašanje, ali bo opazil celo ali razbito

vazo?

Razmišljam: »Če krogla v enem primeru razpade v drugem času in na drugi globini, kot v drugem primeru, bo v zaznavi enega opazovalca vaza razbita v zaznavi drugega opazovalca pa nepoškodovana.

Po drugi strani stanje vaze ni in ne more biti odvisno od načina opazovanja vaze. Vaza je po padcu krogle bodisi cela bodisi razbita, tako za enega kot drugega opazovalca. Različni globini razpada krogle sta zato protislovni.« zaključim svoje razmišljanje.

»Oba opazovalca zaznata en sam blisk ob razpadu krogle, zato za oba razpade v istem trenutku. Krogla za oba opazovalca razpade tudi na isti globini, to je v isti točki« meni Lucija in nadaljuje.

»Če opazovalca to točko razpada vaze vidita eden na globini x , drugi pa na globini x' , potem x in x' določata isto točko. Če teorija relativnosti izmeri različni vrednosti teh dolžin, potem je to lahko le privid, posledica različnih merskih enot merjenja razdalj x in x' .«

Ne morem se upreti, da njenih misli ne bi nadaljeval: »Teorija relativnosti torej sloni na različnih merskih enotah merjenja tako časa kot razdalj za enega in drugega opazovalca. Podajanje iste globine in istega časa za oba opazovalca z različnimi merskimi enotami in različnimi izmerjenimi vrednostmi pa predstavlja nepotrebno relativistično zapletanje opisa pojava. Počakajva, da vidiva, kaj poreče mentor.«

Razpad krogle.

I - Opazovalca fotona

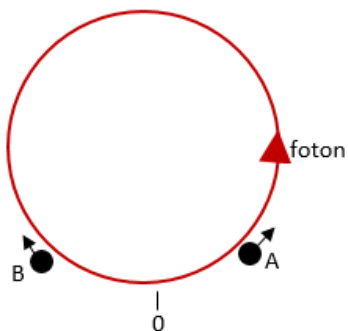
Na vrata nekdo narahlo potrka. Lucija trkanja ne sliši, zato se trkanje bolj glasno ponovi. Lucija je šla k vratom, da vidi, kdo je pred vrati. Tam je stala Lucijina mati z lepim šopkom rož v vazi. »Rada bi vama olepšala prostor« reče in stopi, namesti rože na mizo in še vpraša: »Zelo sta zatopljena v fiziko. Če bosta rabila kakšen prigrizek ali kakšen sok, mi sporočita.«

Mati je odšla iz sobe zadovoljna in z nasmehom na obrazu.

Lucija je pogledala šopek, potem mene in spet šopek. Nekajkrat je begala iz šopka do mene in nazaj na šopek, vmes pa vse bolj zardevala.

Iz zadrege sem ji pomagal tko, da sem vzel naslednji list s fizikalnim vprašanjem z mize in ga začel brati.

Zamislim si foton, ki kroži okrog črne luknje, kot to kaže slika. Gravitacija črne luknje krivi pot fotona v obliko krožnice. Če bralcu ta predstava ni dovolj nazorna si lahko zamisli svetlovod na osnovi ogledal, ki na podoben način krivi svetlobni žarek v vakuumu.



Dve točki, ki potujeta po krožnici, po kateri kroži foton, zaznata različni hitrosti fotona.

Iz točke 0 sočasno s fotonom izideta geometrijski točki A in B, vsaka v svojo smer. Točki počasi potujeta po poti kroženja fotona. Po obkrožitvi se obe točki in foton sočasno vrnejo v točko 0.

Foton je hitrejši, zato med enim obhodom točk A in B napravi N obhodov. Točki fotona neposredno ne zaznavata, njihova srečevanja spremljamo na ravni geometrije.

Točka B, ki se giblje v nasprotni smeri gibanja fotona, v času ene zaokrožitve sreča foton $(N + 1)$ -krat. Točka A, ki se giblje v smeri gibanja fotona, pa ga sreča $(N - 1)$ -krat.

Točki A in B obhod opravita v enakem času. Enak čas obhoda je rezultat sočasnosti odhoda točk iz točke 0, enakih hitrosti točk v različnih smereh ter sočasnosti njunih vrnitev po obkrožitvi v točko 0.

Opazovalca na točkah A in B ugotovita, da točka A zazna manj srečanj s fotonom kot točka B, s tem pa krajšo pot fotona. Točka A zazna $(N - 1)$ -krat 'dolžina krožnice' dolgo pot fotona, točka B pa $(N + 1)$ -krat 'dolžina krožnice' dolgo pot.

Točki v enakem času zaznata različno dolgi poti fotona. S tem zaznata različni hitrosti fotona. Naše prepričanje, da ima svetloba enako hitrost v vseh razmerah, morda ni utemeljeno.

List z vprašanjem ponudim Luciji. Med njenim branjem razmišljam in ko dvigne pogled začnem na glas razmišljati.

»Opisan pojav ni v nasprotju s tezo o vseh razmerah enaki hitrosti svetlobe šele po obkrožitvi točk, ampak je v nasprotju s tezo že prvi trenutek opazovanja, ko šele točki izideta iz izhodišča. Če ima foton enako hitrost do obeh točk, potem ju foton že po prvi obkrožitvi fotona ne more srečati na dveh različnih mestih. Lahko ju sreča le v izhodišču. Točki A in B se logično lahko premakneta iz izhodišča le v primeru, če ima foton različni hitrosti glede na točki A in B.«

Lucija je bila raztresena in se ni odzvala niti na tekst naloge, niti na moje razmišljanje. Ko je opazila, da pričakujem njen odziv, je postala dodatno raztresena.

Odzvala se je: »Tančica skrivnosti, v katero je zavita relativnost časa, ni posledica skrivnostnosti časa samega ampak neskladnega načina merjenja in opisovanja časa.

Današnja fizika naravne pojav opisuje zapleteno zaradi dvomljivega razumevanja merjenja časa in razumevanja hitrosti svetlobe. Ko bo hitrost svetlobe objektivno izmerjena, se bo fizikalna znanost na teoretični ravni poenostavila.«

Z Lucijo sem se strinjal, niso bili pa to konkretni odgovori na zastavljeno vprašanje. Odgovori so bili splošni, kar je kazalo na to, da se ta popoldan že predolgo ukvarjava s fiziko in da lahko zaključiva. Da ne bi izdal svojega razmišljanja, sem tudi sam to temo zaključil s splošnim spoznanjem:

»Nov način razmišljanja o hitrosti svetlobe bo zahteval prenovo tudi zdaj veljavne fizikalne vede. Napoved in strah pred prenovo fizike pa je eden od razlogov za odlašanje izvedbe manjkajočih meritev hitrosti svetlobe.«

Lucija je še vedno strmela v rože, zato sem rekel: »Predlagam, da za danes zaključiva. Veliko sva pripravila za jutrišnji krožek.«

Pogledal sem po mizi in ugotovil, da nama je ostalo le še eno vprašanje, zato sem nadaljeval: »To edino preostalo vprašanje lahko pregledava tudi vsak zase, če bova imela energijo ali tudi ne.«

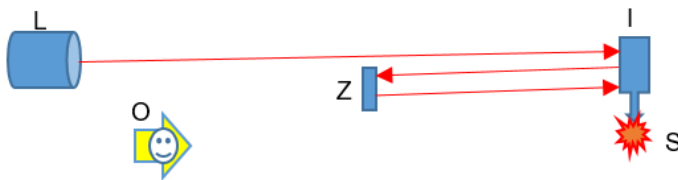
Obljubil sem ji, da bom napravil povzetek najinega razgovora in ga po elektronski pošti poslal mentorju.

Krožeči foton.

J - Interferenca

Poslovil sem se, se Luciji in tudi materi zahvalil za gostoljubje in odšel domov. Po večerji sem imel še toliko motiva in energije, da sem se posvetil še zadnjemu preostalemu vprašanju.

Slika prikazuje zasnovo miselnega poskusa.



Laser (L), interferometer (I) in zrcalo (Z) mirujejo v istem sistemu opazovanja. Žarek iz laserja potuje do interferometra, se tam odbije nazaj proti zrcalu in se na zrcalu še enkrat odbija proti interferometru. Pri določeni razdalji med zrcalom in interferometrom, žarka ki vpadeta v interferometer ustvarita interferenco. Interferometer v primeru interference vključi lučko (S).

Lučka sveti dokler traja interferenca. Za mirujočega opazovalca je interferenca stalno zagotovljena in lučka stalno vključena. Če se razdalja med ogledalom in interferometrom spremeni, spremenjena razdalja ni primerna za interferenco, ni več interference in lučka ugasne.

Proti interferometru leti opazovalec (O) s hitrostjo v . Opazovalec skladno s teorijo relativnosti vidi spremenjeno razdaljo med ogledalom in interferometrom (x' namesto x), kar ogroža interferenco.

Svetenje lučke ni odvisno od hitrosti opazovalca. Lučka sveti ali ne sveti, ne glede na hitrost opazovalca. Opazovalec torej opazuje svetenje lučke in s tem pojav interference na interferometru, ne glede na svojo hitrost. Razdalja x' je torej lahko le neka navidezna razdalja, ki ni predmet stvarnosti.

Tudi sam nisem imel več energije za poglobljanje v primer, zato sem ga k tekstu za mentorja dodal kar brez komentarja.

Napisal sem elektronski naslov mentorja, dodal naloge in komentarje, ki sva jih pripravila z Lucijo, pripisal 'lep pozdrav' in pritisnil 'Pošlji'.

Odgovor '*Danes fizikalni krožek odpade zaradi moje odsotnosti*' je sledil naslednje jutro.