



## Posebna teorija relativnosti

Svetloba se širi s hitrostjo  $c = 299\,792\,458$  m/s. To je hkrati zgornja meja hitrosti v fizikalnem svetu. Nobena motnja ali informacija se ne more širiti hitreje od svetlobe. Delci z maso različno od nič te hitrosti niti ne morejo doseči. V fizikalnem svetu velja omejitev  $v < c$  in v tej omejitvi se skriva vsa posebna teorija relativnosti.

Do Galileja (Galileo Galilei 1564–1642) so bili ljudje prepričani, da je hitrost svetlobe neskončna. On je bil prvi, ki je pomislil, da bi izmeril njeno hitrost. Malo pred svojo smrtjo 1642 je predlagal naslednjo meritev. Na sosednja hriba bi postavil dva opazovalca s svetilkama, na vsakega enega. Prvi bi svetilko prižgal, ko bi drugi opazil svetlobo, bi tudi on prižgal svojo, da bi prvi s pomočjo lastnega srčnega utripa izmeril časovni zamik od trenutka, ko je prižgal svetilko, do trenutka, ko je zagledal svetlobo druge svetilke. Danes vemo, da je svetloba prehitra, da bi jo bilo mogoče njeno hitrost izmeriti na ta način.

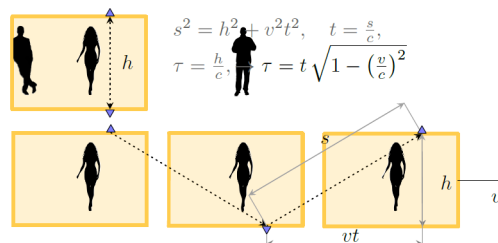
Leta 1670 je bil v Parizu ustanovljen astronomski observatorij, ki ga je vodil v tistem času svetovno znan astronom Giovanni Domenico Cassini (1625–1712). Opazoval je nepravilnosti v gibanju Jupitrovih lun. Ko je prišel na mesto pomočnika danski astronom Ole Christensen Rømer (1644–1710), je dobil nalogo, da razišče ta problem. Leta 1676 je predlagal za tiste čase nezaslišano rešitev. Nepravilnost gibanja je razložil s končnostjo svetlobne hitrosti. Razlika v času, ki ga potrebuje svetloba za pot od Jupitra do Zemlje, ko je Jupiter najbližje in, ko je od nje najbolj oddaljen, je 16 minut in 38 sekund. Zaradi tega je nastala razlika med predvidenimi in dejanskimi časi mrkov. To se najbolj opazi pri notranji luni Io, ki ima najkrajši obhodni čas.

Galilej je poleg heliocentričnega sistema in odkritja Jupitrovih lun znan tudi po svoji teoriji relativnosti, ki jo poznamo kot Galilejev princip o relativnosti gibanja. To je bil prvi korak k poznejši posebni teoriji relativnosti, ki je nastala okoli 250 let po njegovi smrti. Naredil je naslednji miselni poizkus. Postavil je dva opazovalca v popolnoma prazen prostor. Opazovalca se enakomerno gibljeta drug glede na drugega. Zaključil je, da ni mogoče ugotoviti, kateri od njiju se giblje in kateri miruje, oziroma ali se gibljeta oba. Ni mogoče določiti absolutne hitrosti, merimo lahko samo relativno hitrost enega opazovalca glede na drugega. Če se vozimo v vlaku z enakomerno hitrostjo po popolnoma ravni progi, iz stanja stvari znotraj vlaka, ne moremo na noben način ugotoviti ali se v resnici gibljemo ali mirujemo. Fizikalni zakoni so v obeh primerih isti.

Vrnimo se k svetlobi in njeni hitrosti. Leta 1861 je škotski fizik James Clerk Maxwell (1831–1879) zapisal valovno enačbo za za elektromagnetno valovanje. Iz enačbe je razvidna zveza med hitrostjo širjenja elektromagnetnega valovanja (svetloba je elektromagnetno valovanje) in lastnostjo praznega prostora, izraženo s konstantama  $\mu_0$  in  $\epsilon_0$ ,  $1/c = \sqrt{\mu_0\epsilon_0}$ . Od tod sledi, da je svetlobna hitrost tudi lastnost prostora. Če temu dodamo še Galilejev princip o relativnosti ugotovimo, da mora vsak opazovalec izmeriti enako svetlobno hitrost, ne glede na to, ali miruje, ali pa se giblje glede na izvor svetlobe.

Sloviti poizkus Michelsona in Morleya leta 1897 je to tudi potrdil. Merila sta razliko hitrosti svetlobe v dveh pravokotnih smereh v časovnem razmaku pol leta. Pričakovala sta, da bodo relativno razliko hitrosti gibanja Zemlje zaradi kroženja okoli sonca, ta je okoli 60 km/s, njune naprave zaznale. Vendar nista opazila nobene razlike v hitrosti svetlobe.

Nespremenljivost svetlobne hitrosti ima za posledico celo vrsto zanimivih posledic. Med drugimi je relativnost časa.



Čas je relativen to pomeni, da za različne opazovalce teče različno hitro. Naredimo naslednji miselni poizkus. Naj bo *fotonska ura* umišljena naprava, ki jo sestavljata dve zrcali med katerima potuje foton. Alenka se s takšno napravo vkrca na vlak. Fotonsko uro je postavila tako, da je pot fotona navpična. Branko stoji na peronu, ko se mimo njega pripelje vlak z Alenko in njeno fotonsko uro. Predpostavimo, da se vlak giblje z enakomerno hitrostjo po ravni progi. Alenka vidi utrip svoje fotonske ure enako kot, če bi mirovala. Kako pa ga pa vidi Branko? Iz Brankovega stališča pot fotona med zrcaloma daljša, ker je zaradi gibanja vlaka ta pot poševna. Ker je tudi zanj svetlobna hitrost nespremenljiva, si to lahko razloži samo tako, da Alenki teče čas počasneje. Iz Brankovega stališča se utrip Alenkine ure upočasni za faktor  $1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$ , kjer je  $v$  hitrost vlaka.

S  $\tau$  smo označili lastni čas Alenke, s  $t$  pa čas, ki teče Branku. Pri računu zveze med obema časoma smo uporabili Pitagorjev izrek v trikotniku  $(h, vt, s)$ .

Borut Jurčič Zlobec

# V A B I L O

Vabimo vas na mesečni sestanek, ki bo v torek 21. 01. 2014 ob 18<sup>h</sup> v predavalnici F4 Fakultete za matematiko in fiziko, Jadranska 19, v Ljubljani.

Tema predavanja še ni znana. Predavatelja, naslov in vsebino bomo objavili na domači strani društva (<http://www.adj.si/>).

Vabljeni!

*Bernard*, [bernard.zenko@ijs.si](mailto:bernard.zenko@ijs.si)

## Efemeride februar 2014

(Efemeride si lahko ogledate tudi v reviji Življenje in tehnika.)

datum	Sonce		Luna		čas
	vzhod	zahod	vzhod	zahod	
01.02.	07:25	17:07	07:55	19:32	CET
05.02.	07:20	17:13	10:02	--	CET
10.02.	07:13	17:20	13:30	03:58	CET
15.02.	07:05	17:28	18:17	06:52	CET
20.02.	06:57	17:35	23:32	09:10	CET
25.02.	06:48	17:42	03:37	13:19	CET

## Efemeride januar 2014

(Efemeride si lahko ogledate tudi v reviji Življenje in tehnika.)

datum	Sonce		Luna		čas
	vzhod	zahod	vzhod	zahod	
01.01.	07:44	16:27	07:15	16:56	CET
05.01.	07:44	16:31	09:59	21:58	CET
10.01.	07:43	16:37	12:35	02:26	CET
15.01.	07:40	16:43	16:28	06:42	CET
20.01.	07:37	16:50	21:25	09:13	CET
25.01.	07:32	16:57	01:42	11:45	CET
30.01.	07:27	17:04	06:37	16:57	CET

Planeti:

- ★ **Merkur** je najlepše viden proti koncu meseca, ko v ozvezdju Kozoroga zahaja okoli pol sedmih.
- ★ **Venera** ujamemo v začetku meseca na večernem nebu, ko zahaja nekaj pred šesto, nato pa se sredi meseca pojavi v ozvezdju Strelca kot Danica; sprva vzhaja okoli pol sedmih, konec meseca pa že kmalu po peti uri zjutraj.
- ★ **Mars** je v začetku meseca v ozvezdju Device na nebu od polnoči, nato pa vzhaja vse bolj zgodaj in ga lahko konec meseca opazujemo od približno enajstih.
- ★ **Jupiter** je sprva na nebu vso noč, nato pa zahaja vse bolj zgodaj in je konec meseca na nebu do šestih zjutraj. Nahaja se v ozvezdju Dvojčkov.
- ★ **Saturn** v začetku meseca vzhaja okoli pol štirih, nato pa vse bolj zgodaj in je konec meseca na nebu že pred drugo uro zjutraj. Najdemo ga v ozvezdju Tehtnice.
- ★ **Uran** v ozvezdju Rib sprva zahaja okoli polnoči, nato pa vedno bolj zgodaj in je konec meseca na nebu le še do desetih.

Planeti:

- ★ **Merkur** je viden v začetku meseca, ko v ozvezdju Vodnarja zahaja nekaj pred sedmo.
- ★ **Venera** je februarja Danica in se nahaja v ozvezdju Strelca. Sprva vzhaja nekaj čez peto, konec meseca pa je na nebu ob pol petih zjutraj.
- ★ **Mars** v začetku meseca v ozvezdju Device vzhaja okoli enajstih, nato pa vedno bolj zgodaj; konec meseca vzide že pred deseto.
- ★ **Jupiter** je v ozvezdju Dvojčkov sprva na nebu do šestih zjutraj, nato pa zahaja vse bolj zgodaj in konec meseca zaide že ob štirih.
- ★ **Saturn** v začetku meseca vzide nekaj pred drugo uro zjutraj, nato pa vzhaja vse bolj zgodaj in konec meseca vzide kmalu po polnoči. Giblje se v ozvezdju Tehtnice.
- ★ **Uran** ujamemo samo zvečer, ko v ozvezdju Rib sprva zahaja okoli desetih, konec meseca pa zaide že pred pol deveto.

*Urška Pajer*

*Urška Pajer*

Javorniški Mesečnik izdaja Astronomsko društvo Javornik, Ljubljana / ISSN 1581-1379 / urednik Aram Karalič / izhaja v prvi polovici meseca / prejemajo ga brezplačno vsi člani Astronomskega društva Javornik / prispevke pošljite na naslov [jam@adj.si](mailto:jam@adj.si) / **ROK ZA ODDAJO PRISPEVKOV JE 7. DAN V MESECU** / prispevkov praviloma ne lektoriramo / stavljeno v L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xu