

*Zdi se mi, da bi to zgodbo lahko poznal vsak, ki je zaključil osnovno šolo, zagotovo pa bi o njej moral vsaj malo razmišljati mladostnik, ki se na primer zanima za naravoslovje in se misli podati na študij fizike ali kakega drugega naravoslovnega predmeta. Zgodba je zanimiva in pripoveduje, kako težavna je pot do odkritja, večkrat pa še težja in dolgotrajnejša do priznanja.  
Malo popravljeno in izboljšano verzijo zgodbe povem drugič.*

•

## O SVETLOBNI HITROSTI

**Poskus kratkega eseja o eni najpomembnejših konstant v znanosti in življenju**

V 17. stoletju, ko se je dogajala ta zgodba, je postajal daljnogled vse bolj uporaben opazovalni inštrument v astronomskih raziskovanjih. Začeli so graditi vse večje in zmogljivejše teleskope. Huygensov teleskop je imel že 90-kratno povečavo. Toda leta 1671 so v Parizu zgradili teleskop, s katerim je bilo mogoče opazovati pri 150-kratni povečavi. Za ta teleskop je bilo značilno, da ga je uporabljalo več astronomov, ne samo eden. Izdelali so ga v znanstveni ustanovi, v novem tipu zvezdarne, tj. v Pariškem observatoriju, ki mu je bil pokrovitelj sam samcati slavni Sončni kralj Ludvik XIV, vodil pa ga je astronom J. D. Cassini (1625–1712), veliki učenjak, ki je prišel iz Italije.

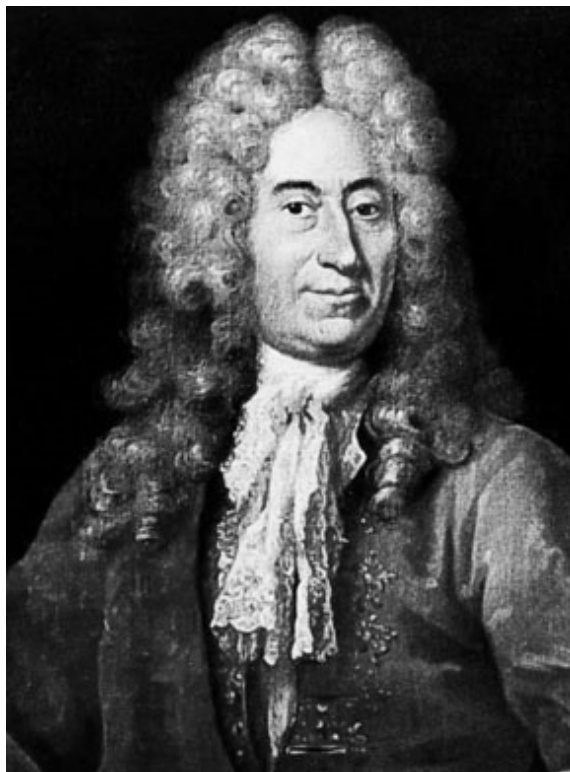
Cassini je bil izvrsten in oster opazovalec nebesnih teles. Ugotovil je, da ima Saturn poleg enega velikega satelita, Titana, ki ga je odkril Huygens, še štiri, in da je Saturnov kolobar, ki ga je prav tako odkril Huygens, viden pri natančnih opazovanjih, sestavljen iz dveh kolobarjev, med katerima je špranja. To špranjo so pozneje začeli imenovati Cassinijeva ločnica, kar se je ohranilo do danes. Cassini je še dokazal vrtenje Jupitra in Saturna. Posebno velike zasluge ima tudi, da je za tisti čas z veliko natančnostjo izmeril vrednost astronomske enote (a.e.), tj. razdalje med Zemljo in Soncem. Izmeril je 146 milijonov km, kar je v primerjavi z današnjo vrednostjo 149,6 milijona km, zelo dober približek, vsekakor pa do tega časa najboljši za astronomsko enoto.

Med temeljne naloge astronomije druge polovice 17. stoletja je spadalo tudi merjenje in izračunavanje obhodnih časov največjih štiri Jupitrovih satelitov. Te čase je mogoče preprosto izračunati, če so natančno izmerjeni, tj. znani zaporedni trenutki mrkov, ko sateliti izginejo v senco matičnega planeta. Če poznamo obhodne čase satelitov, pa je spet mogoče natančno napovedati trenutke njihovih mrkov.

Leta 1672 je Cassini zelo natančno izmeril trenutke začetkov mrkov prve Jupitrove lune, tj. satelita Jo. Z velikim začudenjem je ugotovil, da se njegove vrednosti za čas nastopa mrkov nekoliko razlikujejo od primera do primera.

Zdelo se je, kakor da bi mrki satelita Jo včasih nekoliko kasneli, včasih pa nekoliko prehitevali, kot so kazali računi. Največje razlike, 22 minut med izmerjenima začetkoma mrkov (pri obhodnem času 42,5 ure za satelit Jo), ni znal pojasniti.

Istega leta, 1672, ko je Cassini načrtno opazoval mrke Jupitrovih satelitov, je na Pariški astronomski observatorij prišel mlad in bister danski učenjak Olaf Roemer (1644–1710). Takoj je postal pozoren, da je bila največja zakasnitev nastopov mrkov v času, ko je bil Jupiter najbolj oddaljen od Zemlje (blizu konjunkcije), najmanjša pa, ko je bil najbliže (v opoziciji). Ker je bila tedaj uradno Zemlja še vedno v središču vesolja, torej Osončja, si učenjaki niso znali ali pa upali to časovno spremembo pojasniti s kroženjem Zemlje okrog Sonca, in tudi ne s kroženjem satelita Jo okrog Jupitra. Roemer pa ni okleval. Jasno in glasno je pojasnjeval, da na Zemlji opazujemo mrke satelita Jo z določeno zakasnitvijo zaradi tega, ker mora svetloba preiti daljšo razdaljo, kadar se poveča razdalja med Zemljo in Jupitrom.



**Olaf Roemer (1644–1710). Bil je član angleške Kraljeve družbe in Pariške Akademije znanosti. Izobrazbo si je pridobil na kopenhagenski univerzi.**

**Od leta 1666 do leta 1681 je živel v Parizu, kjer je bil pomočnik na Pariškem observatoriju. Nato se je vrnil na Dansko, kjer je bil profesor astronomije in matematike na kopenhagenski univerzi. Osnoval in vodil je tamkajšnji astronomski observatorij. Tam je postavil in uporabil natančen tranzitni inštrument, meridijanski krog in vrsto drugih zmogljivih astronomskih inštrumentov. Izmeril je lege več kakor 1000 zvezdam.**

Učenjaki pred Roemerjem so menili, da se svetloba razširja hipoma, da ima neskončno hitrost. Med evropskimi znanstveniki novega časa je bil Italijan Galileo Galilei eden prvih, ki je dopuščal možnost, da ima svetloba končno hitrost. Velika večina Roemerjevih sodobnikov pa tega ni priznavala. Temu se ne smemo čuditi, saj so šele pred kratkim izmerili hitrost zvoka.

Roemerjev račun je bil preprost. Izhajal je iz tega, da je 22 minut, tj. največja zakasnitev začetka mrka, tisti odločujoč čas, ki ga potrebuje svetloba, da prepotuje razdaljo, enako razliki med največjo in najmanjšo razdaljo med Jupitrom in Zemljo. Ta razdalja pa je enaka dvojni razdalji Zemlja-Sonce, tj. dvema astronomskima enotama (a.e.). V primerjavi z njo lahko razdaljo med satelitom Jo in Jupitrom preprosto zanemarimo.

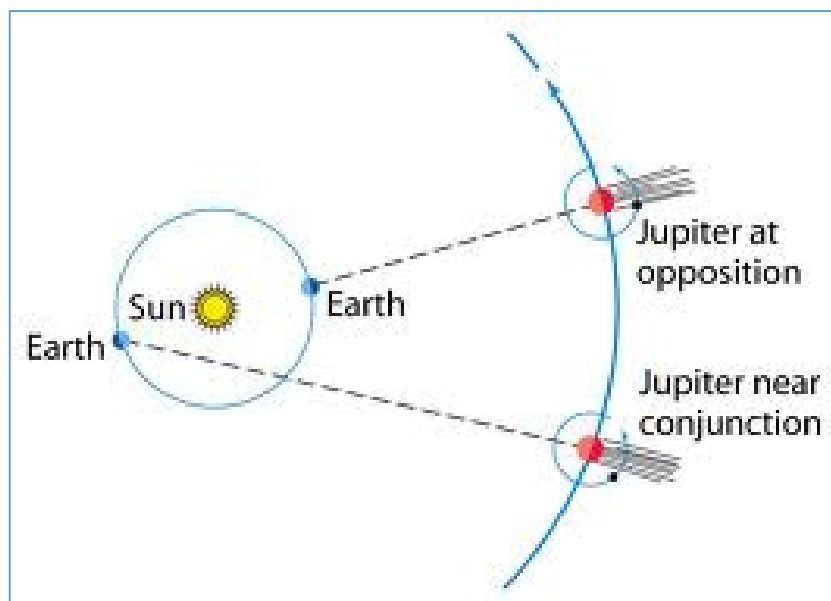
Seveda je moral biti Roemer kar dvakrat hvaležen vrlemu Cassiniju. Prvič, ker ni znal pojasniti, zakaj časi nastopa mrkov kasnijo oz. prehitvajo, drugič pa tudi za to, da je za tisti čas razmeroma natančno izmeril vrednost astronomske enote 146 milijonov km. Po Roemerju je svetloba za premostitev dveh astronomskih enot, to je  $2 \cdot 146 \cdot 10^6 \text{ km} = 292 \cdot 10^6 \text{ km}$  potrebovala 22 min ali 1320 s. Tako je za svetlobno hitrost (pot/čas) izračunal vrednost  $292 \cdot 10^6 \text{ km} / 1320 \text{ s} = 221\,000 \text{ km/s}$ .

Današnja vrednost svetlobne hitrosti je 300 000 km/s.

Zanimivo je, da napaka v Roemerjevemu računu ni nastopila zaradi nenatančno določene vrednosti astronomske enote, ampak zaradi nenatančno izmerjenega največjega časa zakasnitve nastopa mrka. Pravilno izmerjen čas je namreč 16 minut in 36 sekund. Presenetljivo je, da je Roemerju uspelo ugotoviti red velikosti za vrednost svetlobne hitrosti. Vsekakor je dobil zelo dober rezultat.

Izračune je Roemer opravil septembra leta 1676. Da bi pariške akademike prepričal o pravilnosti svoje teorije, si je celo izmislil trik. Ponovno je preračunal čase vseh nastopov mrkov in napovedal, da bo določenega dne novembra leta 1676 satelit Jo mrknil z deset minutno zakasnitvijo. Opazovanje, pri katerem je neposredno sodeloval sam Cassini, je pokazalo, da je Roemer pravilno napovedal čas in sicer z natančnostjo ene sekunde. Vsem pred nosom se je uspešno odvil napovedani pojav, toda kljub temu to ni pustilo močnega vtisa na prisotne učenjake pariške akademije znanosti. Roemer jih ni prepričal. Niso mu verjeli. Na koncu ga je zavrnil celo Cassini.

In kaj naj bi potlej Roemer še počel v Parizu, če mu v odkritje akademiki niso verjeli. Odšel je v domovino in tam nadaljeval svoje raziskave.



**Način, po katerem je Roemer izračunal svetlobno hitrost. Zapazil je naslednje. Ko sta Zemlja in Jupiter najdlje drug od drugega, trenutki nastopov mrkov satelita nekoliko kasnijo glede na izračunane vrednosti, ko sta najbliže, pa nekoliko prehitevajo. To časovno nenavadnost v gibanju Jupitrovega satelita Jo je pojasnil s končno hitrostjo razširjanja svetlobe.**

*Sliki sta s spleta.*

•

Takšna nepriznanja kakega pomembnega odkritja so se pogosto dogajala v zgodovini znanosti. Seveda pa so se našli tudi privrženci Roemerjevega odkritja, med katerimi je bil med prvimi angleški astronom Edmond Halley (1656–1742). Dokončno priznanje Roemerjeve teorije je tudi prišlo iz Anglije. Ko je James Bradley (1693–1762) proučeval navidezno letno gibanje zvezd, da bi odkril dolgo iskano paralakso zvezd, odkril pa zvezdno aberacijo, je vrednost za svetlobno hitrost dobil po drugi, neodvisni poti. Odkritje zvezdne aberacije leta 1728 je hkrati potrjevalo in pojasnjevalo Roemerjevo mnenje o hitrosti svetlobe, saj je aberacija zvezd kot pojav rezultat sestavljanja hitrosti svetlobe, ki gre od zvezd, in hitrosti gibanja Zemlje po njenem tiru okrog Sonca. Pri tem se je izkazalo, da je svetlobna hitrost 10 000-krat večja od hitrosti gibanja Zemlje, kar je dalo dobro ujemanje z vrednostjo, ki jo je našel Roemer.

To, da po dveh bistveno različnih poteh pridemo do istega rezultata, je znanstvenike končno prepričalo o pravilnosti Roemerjevega odkritja. Priznanje je le prišlo, a na žalost, pozno po njegovi smrti. Pozneje so svetlobno hitrost izmerili še drugi znanstveniki na druge, neodvisne načine in potrdili genialno odkritje velikega Danca.

## *Epilog*

S svojo izjemno teorijo o razširjanju svetlobe s končno hitrostjo in hkrati še z uspešnim opazovanim preskusom teorije, žal, pri pariških akademikih ni uspel prodreti. Zavrnilo so ga, čeprav je imel prav.

Vendar pa je svoj čas Roemer daleč nadmodril pariške akademike. To ni izmišljena šala, to je preprosto res.

Kranj, Zlato Polje, 13. 5. 2016

*Marijan Prosen*