

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 14 (1986/1987)

Številka 2

Strani 66-71

Janez Strnad:

SONCE ZGODAJ DOLI GRE

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/14/826-Strnad.pdf>

© 1986 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2009 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

SONCE ZGODAJ DOLI GRE

Rad hodim na Šmarno goro. Vzpon je dovolj strm in ne prekratek ne predolg. Saj veste, zdravo telo in vse to. Toda, ker naj bo zdrav tudi duh, ali bolj neposredno, ker je treba tudi delati, se odpravim tja kolikor mogoče pozno. Tako se mi večkrat primeri, da odidem spomladi prezgodaj in jeseni prepozno. Drugo je neprijetno, saj me nastajajoči mrak sili, da hodim navzdol vse počasneje in potrebujem čedalje več časa, tako da me lovi tema. Na srečo je šlo doslej brez večjih zapletljajev. Namesto da bi pogledal v *Naše nebo*, kdaj zahaja Sonce, sem grobo ocenil, da se sončni zahod premakne največ za dobro minuto na dan, in to okoli obeh enakonočij. Vzel sem, da je noč ob letnem sončnem obratu dolga $\frac{1}{3} \cdot 24 \text{ ur} = 8 \text{ ur}$ in ob zimskem obratu $\frac{2}{3} \cdot 24 \text{ ur} = 16 \text{ ur}$. Od tod sledi za spremembo $8 \text{ ur} / 6 \text{ mesecev} = 480 \text{ minut} / 180 \text{ dni} = 2,7 \text{ minut/dan}$. Polovica tega gre na račun premika sončnega zahoda in polovica na račun premika vzhoda. Doslej sem s tem shajal.

V 4. številki *Preseka* pa je članek Andreja Čadeža o sončnih urah ponudil boljše možnost. Senca pri vodoravni sončni uri postane ob sončnem zahodu (in ob sončnem vzhodu) neskončno dolga. Enačba za dolžino sence (na strani 223 spodaj) ima v imenovalcu izraz $\text{ctg}\varphi \cdot \cos H + \text{tg}\delta$. Ko naraste ob sončnem zahodu dolžina sence čez vse meje, mora iti ta izraz proti nič: $\text{ctg}\varphi \cdot \cos H_0 + \text{tg}\delta = 0$. Iz $\cos H_0 = -\text{tg}\delta / \text{ctg}\varphi$ takoj sledi

$$\cos H_0 = -\text{tg}\varphi \cdot \text{tg}\delta \quad (1)$$

H_0 je časovni kot ob sončnem zahodu, φ geografska širina kraja, za Ljubljano približno 46° , in δ kot iz enačbe

$$\sin\delta = \sin\epsilon \cdot \sin\lambda \quad (2)$$

V njej je $\epsilon = 23,5^\circ$ kot med ravnino ekvatorja in ravnino ekliptike in λ kot, ki ga oklepa trenutna smer Zemlja – Sonce s to smerjo na prvi pomladni dan. Približno velja

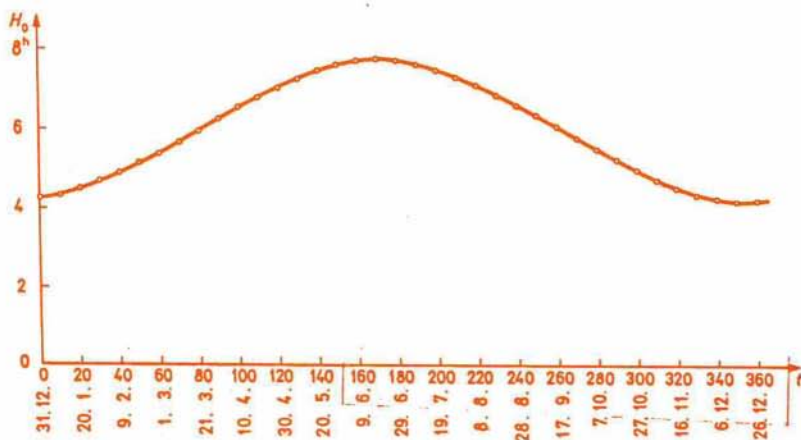
$$\lambda = 360^\circ \cdot (t - t_0) / T_0 \quad (3)$$

t je zaporedna številka dne v letu, $t_0 = 80$ zaporedna številka prvega pomladnega dne in $T_0 = 365$ število dni v letu.

Čas sončnega zahoda izračunamo tako, da najprej za izbrano zaporedno številko dne v letu iz enačbe (3) poiščemo kot λ . Enačba (2) da potem kot δ in naposled enačba (1) še časovni kot. Z navadnim žepnim računalom naredimo vse to v enem koraku. Račun ponovimo, na primer, za vsak deseti dan in narišemo graf (slika 1). Kote merimo v stopinjah in tudi časovni kot ob zahodu H_0 dobimo v stopinjah. Rezultat prevedemo v ure tako, da ga delimo s 15. Ker polnemu kotu 360° ustreza 24 ur, odpade namreč na 1 uro 15° . Dodati moramo 12^h , da dobimo čas po polnoči. Ko je v veljavi poletni čas, moramo dodati uro več. Če H_0 odštejemo od 12^h – ali od 13^h , ko velja poletni čas –, dobimo čas sončnega vzhoda.

Noč ob letnem sončnem obratu je po našem računu za kakih 24 minut daljša od 8 ur in ob zimskem za prav toliko krajša od 16 ur. Od tod bi sledilo za spremembo $(480 - 48)$ minut/180 dni = 2,4 minute/dan, če bi bilo spreminjanje enakomerno. Polovica tega bi odpadla na premik sončnega zahoda in polovica na premik vzhoda. Ker pa spreminjanje ni enakomerno, je premik večji: 1,6 minute/dan, ne 1,2 minute/dan. Začetna ocena ni bila tako slaba.

Po grafu je mogoče določiti, kdaj se kaže odpraviti na pot, če naj nas ne lovi tema. Od časa na njem odštejemo čas, ki smo se ga namenili porabiti, pač glede na dolžino izbrane poti in hitrost hoje. Z računom sem bil prav zadovoljen, saj se ne primeri pogosto, da bi bili taki računi v pomoč pri vsakdanjih zadevah. Zadovoljstvo je skalilo dejstvo, da so rezultati samo približni. Dokaj



Slika 1. S poenostavljenimi enačbami izračunani čas sončnega zahoda za dneve v letu.

natančni bi bili, če bi merili čas s sončno uro, ki kaže *pravi sončni čas*, po katerem je Sonce najvišje opoldne, ob 0^h .

Toda naše ure niso sončne in ne kažejo pravega sončnega časa, ampak *srednjeevropski čas*. Najprej je to *meščanski čas*, ki ga ne začnemo meriti opoldne, ampak opolnoči. Odtod razlika 12 ur. Srednjeevropski čas je meščanski čas za poldnevnik 15^0 vzhodno od Greenwicha (poldnevnika 0^0). Srednjeevropski čas se od pravega sončnega časa danega kraja — če se ne oziramo na razliko 12 ur — razlikuje iz dveh razlogov. Če leži kraj na poldnevniku, katerega geografska dolžina se razlikuje od 15^0 , ustrezajo vsaki stopinji razlike 60 minu/15 = 4 minute. Tako je Sonce v Ljubljani z geografsko dolžino $14,5^0$ najvišje 2 minuti pozneje kot v Zagorju z geografsko dolžino 15^0 . V *Našem nebu* so navedeni podatki za Ljubljano v srednjeevropskem času. Za druge kraje v Sloveniji je treba pri iskanju sončnega zahoda upoštevati popravek te vrste, tako imenovani *conski popravek*, ki ne presega ± 6 minut.

Drugi razlog je v tem, da se Zemlja giblje okoli Sonca približno enakomerno v ravnini, ki je nagnjena glede na njeno os. To pomeni, da je približno konstantna hitrost navideznega gibanja Sonca v tej ravnini glede na zvezde, kot ga opazujemo z Zemlje. Zato pa se spreminja komponenta navidezne hitrosti Sonca v smeri ekvatorja: spomladi in jeseni je manjša kot poleti in pozimi. Iz tega izvirajočo razliko navaja *Naše nebo* za dneve v letu ob 0^h po greenwiškem času kot *časovno enačbo*. Skrajni vrednosti okoli -14 minut in okoli 16 minut doseže 12. februarja in 3. novembra.

Srednjeevropski čas dobimo, če pravemu sončnemu času prištejemo 12 ur, odštejemo od njega časovno enačbo in upoštevamo conski popravek. Ko to naredimo z našimi rezultati — conskega popravka za Ljubljano ni treba več upoštevati —, ne dobimo podatkov v *Našem nebu*. Razlika, največ nekaj minut, je posledica približkov, ki smo jih uporabili. Natančna napoved sončnega zahoda v srednjeevropskem času le ni tako preprosta zadeva. Poleg natančnejših podatkov v računu, na primer v enačbi (3), moramo upoštevati, da Sonce ni točkasto svetilo in vidimo njegov radij pod kotom približno $1/4^0$ ter da vidimo zaradi loma svetlobe v ozračju njegovo središče na obzorju, ko je v resnici za dobre $1/2^0$ pod njim. V trenutku zahoda (ali vzhoda), ko vidimo na obzorju zgornji rob sončne plošče, je potemtakem središče Sonca že dobre $3/4^0$ (natančno $0,85^0$ ali 3,4 časovne minute) pod obzorjem.

V prvi številki *Preseka* je izšel članek Rudija Kládника *Sipanje svetlobe*, ki je podrobneje opisal ta zanimivi pojav.

Astronomske efemeride (periodične publikacije s preglednicami leg vesoljskih teles) izhajajo od leta 1983 pod imenom *Naše nebo v Prsekovi knjižnici*.

Nekomu, ki pred izletom na Šmarno goro napačno oceni, kdaj bo zašlo Sonce, se lahko primeri kvečjemu to, da se bo zadnji del poti spotikal v temi, kolikor mu ne bodo svetile tacenske luči ali Luna. Jean-Marie Bastien-Thiry pa je bil menda zaradi tega celo ob glavo. Vsaj tako pravi Frederick Forsyth v *Operaciji Šakal* (ČGP Delo, Ljubljana 1972, str. 12). Knjiga opisuje izmišljeni načrt za umor generala de Gaulla. Na začetku poročja o spodletelem atentatu, ki ga je zares pripravil Bastien-Thiry.

"... Bastien-Thiry (je ugotovil), da se je uštel. Napaka pa mu je postala jasna šele tedaj, ko je sedel na zatožni klopi in so mu jo razložili policisti. Ko je načrtoval urnik atentata, je uporabljal koledar: ugotovil je, da se 22. avgusta zmračí ob 8.35, se pravi dovolj kasno tudi v primeru, če bo de Gaulle pozen, kot se je tudi zgodilo. Toda koledar, s katerim si je pomagal, je bil iz leta 1961. Dne 22. avgusta 1962 pa se je zmračilo ob 8.10. Teh 25 minut je spremenilo zgodovino Francije."

Zdaj smo se že toliko razgovorili o sončnem zahodu, da lahko premislimo, kako je s to zadevo. V našem poenostavljenem računu so vsa leta enakovredna. Pogled v *Naše nebo* za 1983, 1984, 1985 in 1986 potrđi, da se sončni zahod za določeni datum iz leta v leto premakne kvečjemu za minuto. Usodno zmešnjavo je moralo zakriviti nekaj drugega, če si je pisec napete zgodbe ni preprosto izmislil.

Poglejmo možnosti. Conski popravek je precej manjši kot 25 minut. Pariz ima namreč geografsko dolžino $2,3^{\circ}$ in je v njem Sonce najviše le okoli 9 minut prej kot v Greenwichu.

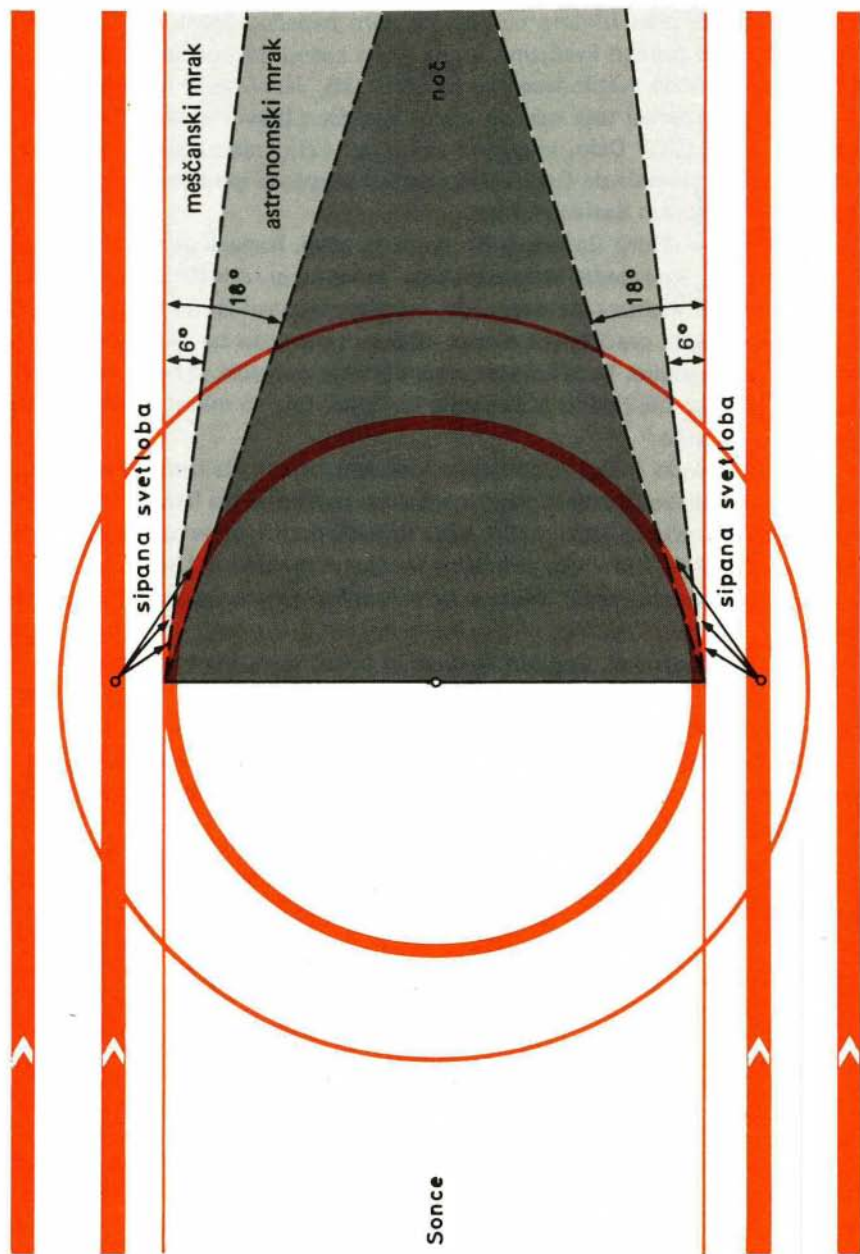
Morda sta bila koledarja narejena za dva različna kraja? Če bi veljal eden za Pariz in drugi za skrajni zahodni ali krajni vzhodni rob Francije, bi dosegla razlika skoraj 25 minut.

Pravi sončni čas je enak časovnemu kotu Sonca in ga začnemo šteti opoldne, ko je Sonce najviše. V tem času vse ure niso enako dolge.

Srednji sončni čas začnemo šteti opoldne in v tem času so vse ure enako dolge.

Meščanski čas začnemo šteti opolnoči in v njem so vse ure enako dolge. Od srednjega sončnega časa se razlikuje samo za 12 ur.

Srednjeevropski čas je meščanski čas za poldnevnik 15° vzhodno od Greenwicha. Od pravega sončnega časa se razlikuje za 12 ur, conski popravek (za Ljubljano 2 minuti) in časovno enačbo.



Slika 2. Nastanek mraka zaradi sipanja sončne svetlobe v ozračju. Risba ne upošteva tega, da vidimo zaradi loma v ozračju Sonce, ko je pod obzorjem. Debelina ozračja je narisana pretirano.

Morda je koledar iz leta 1961 navajal, kdaj se zmrači, koledar iz leta 1962 pa, kdaj zaide Sonce. Ko Sonce zaide, se namreč še ne stemni takoj, ker se v ozračju *sipa* svetloba Sonca, ki je že pod obzorjem (slika 2). *Meščanski mrak* traja, dokler ni središče Sonca 6° pod obzorjem. Za ta podatek so se zedinili, ker je nekako dotlej mogoče brati na prostem. Konec avgusta traja meščanski mrak 32 minut. *Astronomski mrak* traja, dokler ni središče Sonca 18° pod obzorjem. Nekako tedaj je mogoče ob jasnem vremenu nad obzorjem, kjer je zašlo Sonce, že videti najšibkejše s prostim očesom vidne zvezde (zvezde 6. magnitude). *Naše nebo* navaja astronomski mrak grafično. Astronomski mrak je najdaljši poleti, ko doseže približno poltretjo uro, a najkrajši pozimi, ko doseže približno poldrugo uro. Večernemu mraku ustreza jutranja *zora*.

Kdaj se zares stemni, pa ni odvisno samo od podatkov v preglednicah, ampak tudi od krajevnih razmer. Ni vseeno, ali zaide Sonce v ravnici ali za hribi. Podatki v *efemeridah* veljajo za ravno obzorje in ne upoštevajo hribov. (Kako bi odgovorili na vprašanje: Ali je mogoče, da Sonce v nekem kraju zaide več dni zapovrstjo ob istem času?) Poleg tega je pomembno še to, ali smo v mestu med hišami, v gozdu ali na planem. Naposled je treba upoštevati tudi vreme, predvsem to, ali je nebo oblačno ali ni. Če načrtujemo povratek z izleta na Šmarno goro ob sončnem zahodu, predstavlja mrak dobrodošel varnostni čas.

Morda so krajevne razmere v Petit-Clamartu, majhnem kraju blizu Pariza, povzročile, da je bilo bolj mračno, kot je računal načrtovalec, morda pa ga je presenetil pozni odhod generala de Gaulla iz mesta. Vsekakor so atentatorji slabo videli znamenje, naj začnejo streljati, in so ukrepali prepozno.

Čeprav nismo našli pravega odgovora na vprašanje, odkod usodna zmešnjava v napeti zgodbi, upam, da se bralci niso dolgočasili. Škoda bi bilo, ko bi se že prej ustrašili enačb. Pribijimo samo še to, da poskrbi za mrak zemeljsko ozračje, ki tudi omogoča življenje.

Janez Strnad