

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 17 (1989/1990)

Številka 5

Strani 268-271

Marijan Prosen:

KAKO ŠE DOLOČAJO ODDALJENOST ZVEZD

Ključne besede: astronomija, zvezde.

Elektronska verzija:

<http://www.presek.si/17/1001-Prosen-zvezde.pdf>

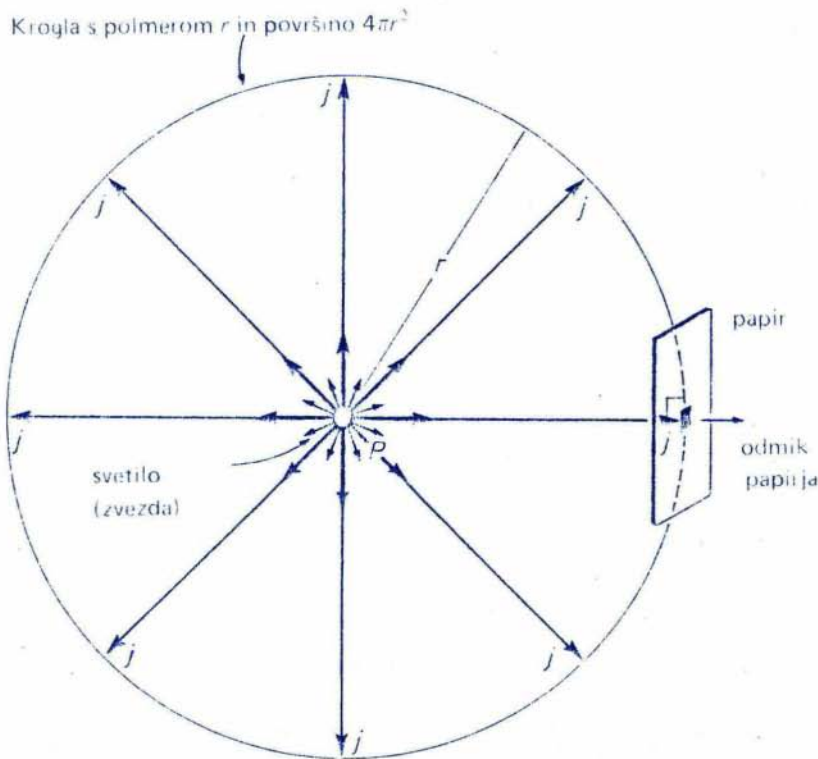
© 1990 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

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

KAKO ŠE DOLOČAJO ODDALJENOST ZVEZD

V temi prižgi žarnico. Vzemi bel papir in ga odmikaj od žarnice v radialni smeri (slika 1). Papir je vse manj osvetljen, nanj pada vse manj svetlobnega toka z žarnice. Pa izračunajmo gostoto tega toka, ki pade na majčkeno ravno (osenčeno) ploskvico na sredini papirja v oddaljenosti (razdalji) r od žarnice s svetlobno močjo (oddanim svetlobnim tokom) P . Žarnica naj sveti v vse smeri enakomerno, ravna ploskvica pa naj bo tako majhna, da se kar prilega krogli s polmerom r , v središču katere je žarnica. V oddaljenosti r od žarnice se tok P porazdeli po površini krogle $4\pi r^2$. Na ploskovno enoto pade



Slika 1. K izračunu gostote svetlobnega toka v oddaljenosti r od svetila s svetlobno močjo (oddanim svetlobnim tokom) P ; $j = P/(4\pi r^2)$. Enačba pove, da gostota svetlobnega toka pada s kvadratom oddaljenosti.

$j = P/(4\pi r^2)$. Količino j , ki pove, koliko W/m^2 svetlobnega toka sprejme ali pade na ploskvico, imenujemo *gostota svetlobnega toka*.

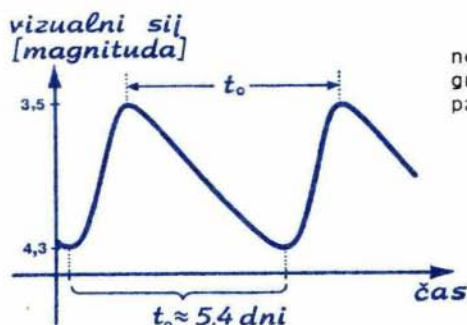
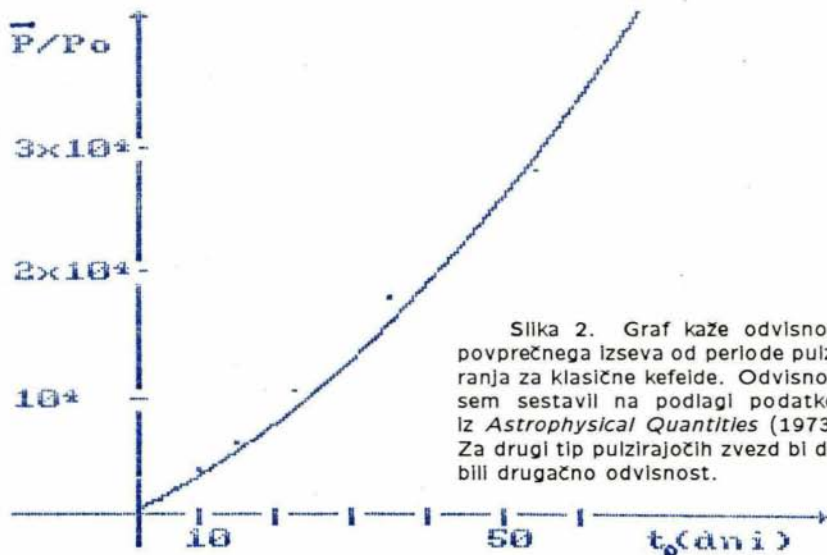
Namesto ploskvice na sredini papirja si mislimo človeško oko ali pa kak svetlobni merilnik (svetlomer, fotocelico, počrnjeni termometer). Z očesom lahko ocenimo sprejeto svetlobo, s svetlobnim merilnikom pa izmerimo. Sicer pa gostoto toka pri znanih P in r lahko izračunamo. Naj ima žarnica $P = 60$ W. V razdalji $r = 2$ m je gostota toka $j = 60 W/(4 \cdot 3,14 \cdot 4 m^2) = 1 W/m^2$.

Znanje iz te naloge pa lahko uporabimo tudi takole. Vzemimo, da svetilo oddaja tok P , da izmerimo gostoto svetlobnega toka j in da ne vemo, v kateri razdalji od nas sveti. Razdaljo izračunamo kar iz gornje enačbe $r = \sqrt{P/(4\pi j)}$. Če za 60 W žarnico izmerimo $j = 10^{-3} W/m^2$, je $r = \sqrt{60 W/(4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} Wm^{-2})} = 69$ m. Ta način, da iz izmerjene gostote svetlobnega toka in znanega oddanega svetlobnega toka izračunamo oddaljenost svetila, uporabljajo v astronomiji za določanje oddaljenosti zvezd. Namesto žarnice si predstavljajmo zvezdo, namesto ravne ploskvice na sredini papirja pa Zemljo v določeni razdalji od zvezde. Predno opišemo omenjeni način določevanja oddaljenosti zvezd, pa se za hipec ustavimo pri Soncu.

Sonce je najmočnejše svetilo, ki ga vidimo na nebu. Kaj lahko izmerimo pri Soncu? Izmerimo gostoto svetlobnega toka, ki ga prestrežemo s Sonca na Zemlji $j_0 = 1350 W/m^2$ (*solarna konstanta*), oddaljenost Sonca od Zemlje pa poznamo $r_0 = 1,5 \cdot 10^{11}$ m. Iz teh podatkov sledi, da ima Sonce svetlobno moč ali da oddaja svetlobni tok $P_0 = j_0 \cdot 4\pi r_0^2 = 1350 W/m^2 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (1,5 \cdot 10^{11})^2 m^2 = 3,8 \cdot 10^{26}$ W ali okroglo $4 \cdot 10^{26}$ W. Temu ogromnemu svetlobnemu toku, ki ga oddaja (izseva) Sonce enakomerno na vse strani, rečemo v astronomiji *izsev Sonca*. Podobno govorimo o *izsevu zvezd*. Če torej poznamo izsev Sonca ali kake zvezde in izmerimo gostoto svetlobnega toka, ki prihaja z njih, lahko izračunamo njihovo oddaljenost od nas.

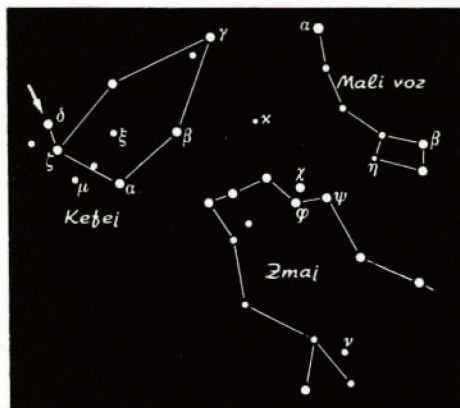
No, gostote svetlobnega toka z zvezd sicer ni težko izmeriti (razen, če je zvezda skrajno šibka), a za večino zvezd ne poznamo izseva. Ugotoviti izsev zvezd pa ni niti najmanj preprosto. Vendar nekaterim zvezdam lahko izsev ocenimo. Take so na primer *kefeide*. To so zvezde, ki *pulzirajo*, se širijo in krčijo. Ko spreminjajo velikost (polmer), se jim pri tem spreminja površinska temperatura in tako tudi izsev. *Za kefeide so ugotovili, da je perioda njihovega pulziranja odvisna od povprečnega izseva zvezde*. Če je perioda daljša, je povprečni izsev večji, vendar med njima ne velja preprosta sorazmernost (slika 2). Spreminjanje izseva kefeide zabeležimo na Zemlji kot spreminjanje sprejete gostote svetlobnega toka z zvezde oziroma spreminjanje sija zvezde*. V jasni noči ali več zaporednih nočeh večkrat merimo sij pulzirajoče zvezde in narišemo graf, ki kaže, kako se sij zvezde

spreminja s časom. Tak graf - *krivuljo sija* prikazuje slika 3. Iz grafa razberemo periodo spreminjanja sija, po tem pa ocenimo povprečni izsev \bar{P} zvezde (slika 2). Pri izmerjeni povprečni sprejeti gostoti svetlobnega toka \bar{j} končno izračunamo približno oddaljenost kefeide $r = \sqrt{\bar{P}/(4\pi\bar{j})}$.



* Astronom pravzaprav meri sij zvezde. Iz izmerjenega sija pa nato računa sprejeto gostoto svetlobnega toka z zvezde. Za sij dveh zvezd m in m_0 in gostoti svetlobnega toka J in J_0 , ki ga od teh zvezd sprejmemo na Zemlji, velja enačba $J/J_0 = 10^{-0,4(m-m_0)}$. Če $m_0 = 1$, je $J_0 = 10^{-8} \text{ W/m}^2$. Več o siju glej v: F. Avsec - M. Prosen, *Astronomija*, DMFA SRS, Ljubljana 1989, str. 21.

Slika 4. Lege kefeide δ Kefeja. Te zvezde ni težko izslediti. Spremembo njenega sijja zasledimo že s prostim očesom. Precej truda in spretnosti pa je že treba, da iz neposrednih opazovanj s prostim očesom ugotovimo periodo spreminjanja sijja (pulziranja). *Opomba:* Zvezda δ Kefeja je okoli petdesetkrat večja od Sonca. Pri pulziranju spreminja polmer kar za dva polmera Sonca, to je za približno $1,4 \cdot 10^6$ km.



Med kefeidami je najbolj znana δ Kefeja. Sij se ji spreminja s periodo 5,4 dneva (slika 3). Izmerjena povprečna gostota svetlobnega toka s te zvezde je okoli $\bar{j} = 7 \cdot 10^{-10} \text{ W/m}^2$. S slike 2 ocenjeni povprečni izsev je $\bar{P} = 2000P_0$. Približna oddaljenost te zvezde od nas je $r = \sqrt{2000 \cdot 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W} / (4 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{-10} \text{ Wm}^{-2})} = 980$ svetlobnih let.

Kefeide so orjaške zvezde. Imajo ogromne izseve. Zato jih vidimo z velikih oddaljenosti. Zasledimo jih v zvezdnih kopicah in bližnjih galaksijah. Iz opazovanja kefeid tako lahko določimo razdaljo do teh sistemov.

Marijan Prosén