

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **18** (1990/1991)

Številka 4

Strani 248-251

Marijan Prosen:

ZAKAJ VIDIMO SONCE OB OBZORJU SPLOŠČENO

Ključne besede: astronomija, optika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/18/1050-Prosen.pdf>

© 1991 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.

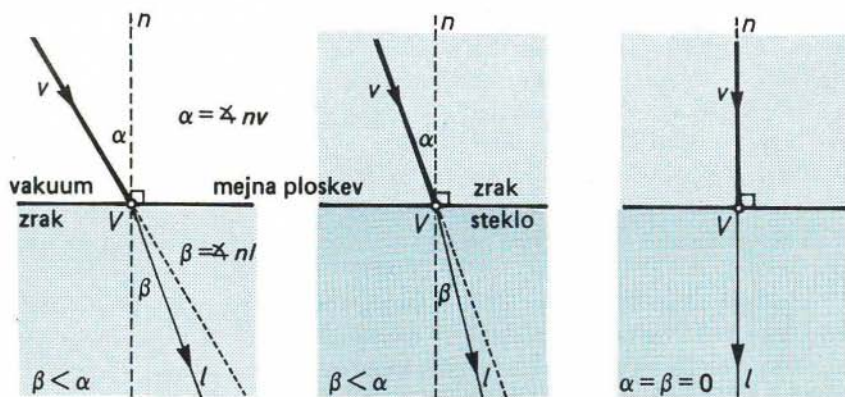
ASTRONOMIJA

ZAKAJ VIDIMO SONCE OB OBZORJU SPLOŠČENO

V praznem prostoru ali homogeni prozorni snovi se svetloba širi premočrtno. Svetlobni žarek je torej raven. Pri prehodu iz praznega prostora v prozorno snov ali pri prehodu iz ene prozorne snovi v drugo spremeni svojo smer, kot bi se lomil. Tako temu naravnemu pojavu tudi rečemo *lom* ali *refrakcija svetlobe* (slika 1; glej še *Presek 17, 26*).

Zrak je snov, ki je prozorna za svetlobo. Zemljo ogrinja zračna odeja - ozračje. To je prav tako prozorno za svetlobo, ki prihaja z oddaljenih vesoljskih teles, npr. planetov, Sonca, zvezd.

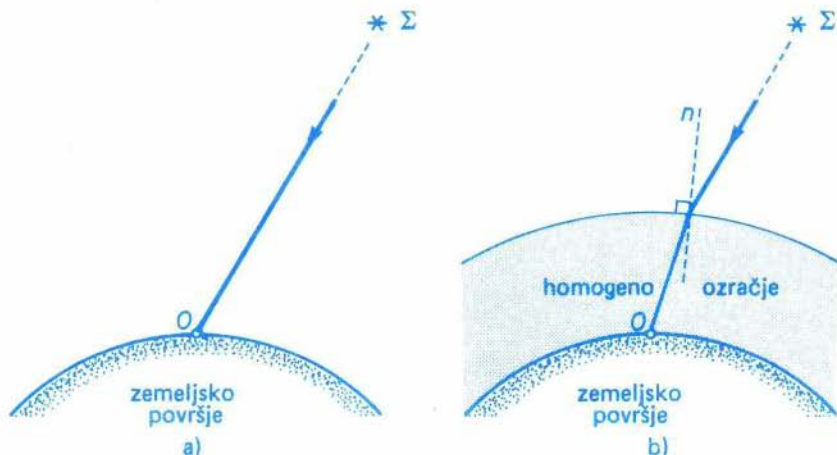
Svetlobni žarek, ki na primer prihaja z zvezde in pade v opazovalčevo oko na površju Zemlje, mora iti skozi ozračje. V primeri z medplanetnim prostorom, kjer praktično vlada vakuum, ima naše ozračje kar znatno gostoto (okoli 1 kg/m^3 ob morski gladini). Zato se svetlobni žarek pri prehodu iz medplanetnega prostora v ozračje lomi, torej spremeni smer * (slika 2).



Slika 1. V praznem prostoru ali homogeni prozorni snovi potuje svetlobni žarek premočrtno. Pri prehodu iz vakua v prozorno snov ali pri prehodu iz ene prozorne snovi v drugo pa spremeni svojo smer, se lomi. Pri tem velja *lomni zakon*: Vpadni svetlobni žarek v , lomljeni žarek l in pravokotnica n na mejno ploskev v vpadni točki V ležijo v isti ravnini. Vpadni kot α in lomni kot β , ki ju merimo med smerjo navpičnice in smerjo posameznega žarka, nista enako velika ($\alpha \neq \beta$). Če prihaja svetlobni žarek iz prozorne snovi z manjšo gostoto v prozorno snov z večjo gostoto, npr. iz zraka v steklo, se svetlobni žarek lomi k navpičnici. Ta primer nas bo tudi zanimal. Pri pravokotnem vpadu se svetlobni žarek ne lomi.

* Seveda svetloba z vesoljskega telesa utрпи še druge spremembe: razklon, vpoj, sipanje, migotanje zaradi turbulentnosti ozračja itn. V tem prispevku se bomo spoznali le s spremembo smeri.

Ker je ozračje sestavljeno iz zračnih plasti, ki jim gostota narašča proti zemeljskemu površju, se svetlobni žarek vse bolj in bolj lomi (k navpičnici na meji dveh plasti), ko prodira globlje v zračne plasti (slika 3). Zato vsa vesoljska telesa, razen tistih v zenitu, katerih svetlobni žarek predira zračne plasti pod pravim kotom (ni loma), vidimo višje, kot so v resnici (slika 3). Ali drugače povedano: vesoljsko telo vidimo v smeri, ki se nekoliko razlikuje od smeri, v kateri bi ga videli, če ne bi bilo ozračja. Omenjena sprememba smeri je odvisna od višine vesoljskega telesa nad obzorjem. Opazovanja kažejo, da pada z višino. Za vesoljsko telo, ki ga opazujemo tik ob obzorju (višina je nič), je sprememba smeri največja, in sicer $35'$ (kar je okoli pol stopinje); za vesoljsko telo na višini 5° je okoli $10'$; za vesoljsko telo na višini 10° je okoli $5'$, potem pa je vse manjša; za vesoljsko telo v zenitu (višina je 90°) pa je nič. (Seveda je sprememba smeri svetlobnega žarka odvisna še od temperature in tlaka ozračja.)

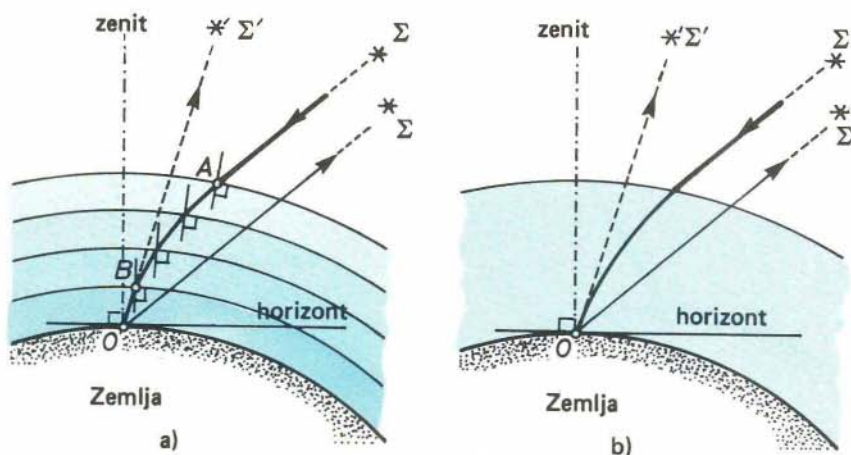


Slika 2. Pot svetlobnega žarka od zvezde do opazovalčevega očesa O na zemeljskem površju: a - če ne bi bilo ozračja; b - če privzamemo, da bi imelo ozračje zgornjo mejo in konstantno gostoto. *Opomba:* Najbrž pa veš, da ozračje ni enakomerno gosto, ampak da njegova gostota pada z nadmorsko višino. Pa tudi o zgornji meji je težko govoriti, saj ozračje polagoma prehaja v medplanetni prostor. Kolikšna je pravzaprav višina ozračja ali kot tudi rečemo, debelina zračne plasti? Opazovanja kažejo, da se zaradi trenja z zračnimi molekulami meteorji prižigajo na višinah 60 do 90 km. Polarne sije, ki so naravni pojavi v našem ozračju, zabeležijo na višinah 800 do 900 km. Torej sega ozračje visoko. Bodi kakorkoli že. V višinah, večjih od 100 km, ima zrak že tako majhno gostoto, da ga imamo lahko pri obravnavanju loma svetlobe za vakuum. Privzemimo, da je debelina ozračja okoli 100 km. To je zelo malo v primeri s polmerom Zemlje, ki meri 6400 km. In prav v tej tanki zračni plasti spremeni svetlobni žarek z oddaljenega vesoljskega telesa svojo smer (glej dalje).

Zaradi loma svetlobe v zemeljskem ozračju torej vidimo vesoljska telesa višje, kot so v resnici. Zaradi tega pojava se na primer podaljša čas, v katerem je vidno Sonce nad obzorjem; dan je torej daljši kot v resnici.

Sonce vidimo kot enakomerno svetlo okroglo ploščico pod zornim kotom okoli $30'$. Ob zahodu Sonca, ko je prava višina središča Sonca enaka nič, vidimo Sonce še nad obzorjem. Višina njegovega središča je namreč okoli $35'$. Sonce zaide šele čez nekaj minut, ko je središče Sonca $35'$ pod obzorjem oziroma, ko je višina središča Sonca okoli $-35'$. Prav tako zaradi loma svetlobe v ozračju vzhaja Sonce nekoliko prej. Iz tega sledi, da ob enakonočju dan ni enak noči. Ob enakonočju je npr. na ekvatorju dan, to je čas, v katerem vidimo Sonce nad obzorjem, za okoli 4,5 minut daljši od noči.

Zaradi loma v ozračju vidimo Sonce (in tudi Luno) tik ob obzorju rahlo sploščeno (slika 4). Sploščenosti Sonca se navadno pridružijo še drugi optični pojavi tako, da Sonce ob zahodu včasih nudi prav čudovit in veličasten prizor narave.

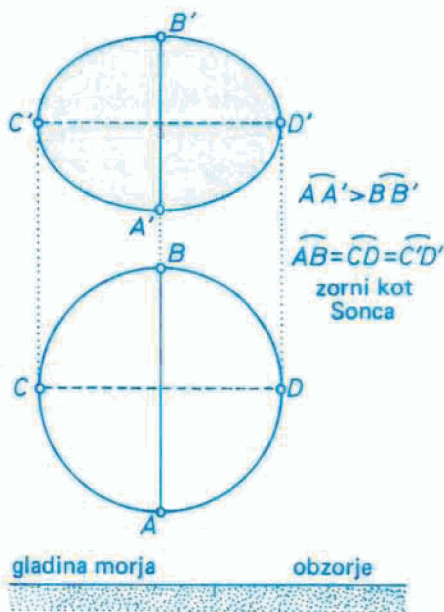


Slika 3. Pot svetlobnega žarka od zvezde Σ skozi ozračje, kjer se lomi (k navpičnici) v številnih zračnih plasteh, do opazovalčevega očesa O na dnu ozračja.

a) ΣA je začetni del poti žarka v medzvezdnem in medplanetnem prostoru; A naj bo točka na vrhni plasti ozračja, v katero vpade žarek, BO je končni del poti žarka, ki prispe v oko; opazovalec vidi zvezdo v smeri OB oziroma v smeri $O\Sigma'$, torej opazuje zvezdo višje, kot je v resnici. $O\Sigma$ prava (resnična) smer zvezde, $O\Sigma'$ opazovana (navidezna) smer zvezde, $\angle \Sigma'O\Sigma$ kot med pravo in opazovano smerjo pove spremembo smeri svetlobnega žarka na poti skozi ozračje za vesoljsko telo na določeni višini.

b) V bistvu se svetlobni žarek ne ukrivlja "lomljeno", ampak zvezno. Zato je pot svetlobnega žarka skozi ozračje zvezna krivulja. Zaradi boljšega razumevanja je sprememba smeri narisano pretirano.

Slika 4. Razlaga sploščenosti Sonca ob obzorju. Naj bosta A in B krajišči navideznega premera Sončeve ploskvice (zornega kota) v legi tik ob obzorju, če ne bi bilo ozračja. Zaradi loma svetlobe v ozračju se točka A dvigne više kot točka B . A se dvigne v A' , B pa v B' . Ker je višina točke A manjša od višine točke B , je sprememba smeri AA' večja od spremembe smeri BB' . Sledi, da je navpični navidezni premer $A'B'$ nekoliko manjši od navideznega premera $AB = CD$, ki je pravzaprav zorni kot Sonca, katerega vrednost okoli $30'$ se zaradi loma ne spremeni. Zato je Sonce ob obzorju, npr. ob morski gladini narahlo sploščeno. Na sliki je sploščenost prikazana pretirano. Glej še sliko 5.



Slika 5 Zahajajoče Sonce opazujemo sploščeno zaradi loma svetlobe v zemeljskem ozračju. (Slikano s Celestronom 8. Foto Herman Mikuž, IV. stran ovitka, levo zgoraj.)

Marijan Prosén