

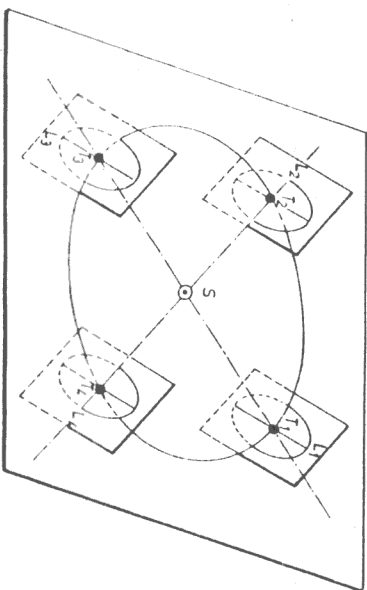
koje dolazi od zemljine rotacije, ima najveću vrednost na geografskoj širini 45° (približno) i nađi tu vrednost. 8. Izračunati period Sunčeve rotacije na heliografskim širinama 25° , 35° , 45° , 55° i 65° . 9. Čemu su jednake nebeska longituda i latituda tačke u kojoj Sunčeva obrtna osovina probija nebesku sferu na severnoj nebeskoj poluniferi? 10. Ako je vreme obtanja oko Sunčeve obrtne osovine pege na heliografskoj širini 45° jednako 28,09 dana, koliko je za nas prividno sinodičko vreme obtanja ove pege? 11. Po vremenskom razmaku između snimaka pega (2,0 dana) i po uglu rotacije njihove u odnosu na centralni meridian (24°), odrediti siderički i sinodički period Sunčeve rotacije. 12. Izračunati trajanje zvezdanog i srednjeg sunčanog dana na Mesecu. 13. Da li na određivanje prividnog vremena rotacije jednake planete utiče posmatračeva rotacija zajedno sa Zemljom? 14. Zašto Venerin termistor pri posmatranju sa Zemlje ima oblik lunarnog klipa? 15. Dva Marsova crteži (sl. 177) načinjena su uz pomoć teleskopa u razmaku od 2h. Po promeni položaja nekih pojedinih proceniti ugao rotacije planete za ta 2h i odrediti približno vreme jednake Marsove rotacije. Pri proceni ugla rotacije ne treba zaboraviti da je prividni kotan planete projekcija njene površine na ravan gureža. 16. Koliko je zvezdani dan na Jupiteru kraći od sunčanog, ako se Jupiter obrta oko svoje osovine za $9\text{h}50\text{m}30\text{s}$ i običje oko Sunca za $4332,6$ srednjih sunčanih dana? Razliku izraziti u zvezdanom Jupiterovom vremenu, uzimajući da njegov dan ima 24h tog vremena. 17. Kakvih sve Mesećevih libracija ima i koji su njihovi uzroci? 18. Izračunati period libracije u latitudi (dnakonitički mesec). Zašto je dnakonitički mesec kraći, a anomalistički duži od sideričkog?

3.3. Pomračenja

Zadržimo se u poslednjem odeljku osnova teorijske astronomije na jednoj grupi pojava od značaja za astronomsku nauku, koja obično nosi opšti naziv *pomračenja*. Tu spadaju: Mesečeva pomračenja, pomračenja Jupiterovih satelita, pomračenja Sunca, okultacije nebeskih tela Mesecom i, najzad, iako po suštini pojave nešto različiti, i prividni prelasci Venere i Merkura preko Sunčeva kotura - da se zadržimo samo na osnovnim pojavama. Ova grupa pojava izučava se obično u posebnim kursovima teorijske astronomije (a u poslednje vreme najčešće u mnogobrojnim monografijama), zato što je za njihovo izučavanje, kao i za izračunavanje njihovih efemerida, tj. dovoljno

tačnih trenutaka kada će se one dogoditi, kao i za izračunavanje položaja mesta na Zemlji odakle će se u kom trenutku videti koja faza ovih pojava, potrebno solidno poznavanje teorije kretanja planeta i satelita. Zadržimo se u okviru opšte astronomije na opisima ovih pojava, na nekim osnovnim njihovim karakteristikama i na njihovom značaju.

3.3.1. Pomračenja Meseca - Planete i sateliti, kao tamna nebeska tela osvetljena Suncem, bacaju suprotno od Sunca svoje



Sl. 177. Epoha Mesećevih pomračenja

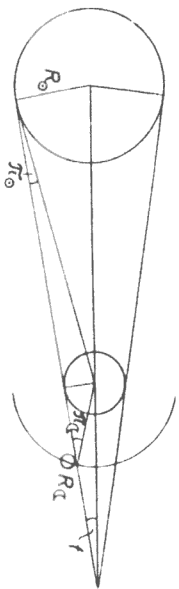
tanke senke konusna oblika. U toku svog obilaženja oko Zemlje kada dođe u položaj suprotan Suncu (u opoziciju ili užtap, pun mesec) Mesec može ući u Zemljinu senku. Tada će se on videti pomračen sa svih tačaka na Zemlji, u kojima je toga trenutka Mesec nad horizontom.

Kad bi se ravan Mesečeve putanje poklapala sa ravni ekliptike pojava bi nastupala pri svakom punom mesecu. Ali zbog nagiba ravni Mesečeve putanje prema ekliptici ($i=5^\circ 8'$) ona se može dogoditi samo kada se za vreme užtapa Mesec nađe još i u jednom od čvorova svoje putanje, tj. u ravni ekliptike.

Kako linija čvorova Mesečeve putanje dvaput godišnje prolazi kroz Sunčevo središte (vidi sl. 177), i to u razmacima od oko pola godine, to se očividno Mesečeva pomračenja mogu dogoditi dva puta godišnje. Potrebno je samo da se u tim epohama Mesec nađe u

opoziciji sa Suncem.

No zbog dovoljno velikog prečnika Zemljine senke na mesetu gde kroz nju prolazi Mesec, ne mora se ovaj naći baš u samom čvoru svoje putanje, već nešto ispred ili iza njega pa da se dogodi Mesećevo pomračenje. Nije teško odrediti koliko sme da bude najveće udaljenje Mesečeve, $\lambda_c - 0$, od čvora po ekliptici pa da Mesec makar i delimično uđe u Zemljinu senku. Neka su na sl. 177 f polutor konusa Zemljine senke, $R_\odot$ i $\pi_\odot$ prividni poluprečnik i horizontska paralaksa Sunca, $R_\oplus$ i $\pi_\oplus$ - prividni poluprečnik i horizontska paralaksa Meseca, a ρ - prividni poluprečnik preseka konusa Zemljine senke Mesečevom putanjom. Sa slike je tada očigledno



Sl. 173. Konus Zemljine senke i uslovi za pomračenje Meseca

$$f = R_\odot - \pi_\odot$$

(499)

$$\rho = \pi_\oplus - f = \pi_\oplus + \pi_\odot - R_\odot$$

(500)

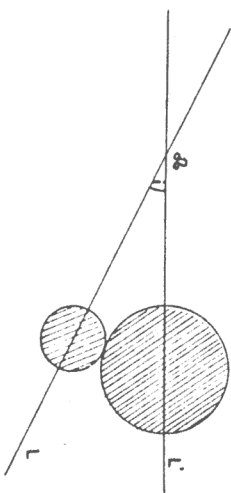
Pomračenje će Meseca (makar i delimično) očigledno nastupiti kada njegovo središte priđe osi konusa Zemljine senke na odstojanje h manje od

$$\rho + R_\oplus = \pi_\oplus + \pi_\odot + R_\oplus = 57,7 + 0,1 + 15,8 - 16,6 = 57,6. \quad (501)$$

Približnu vrednost udaljenja Mesečeva središta od čvora njegove putanje po ekliptici ($\lambda_c - 0$) dobijemo iz pravouglog sfernog trougla $\triangle L'L''$ na sl. 178 na kojoj je $\angle L'$ luk ekliptike, $\angle L$ luk Mesečeve putanje, a i nagib prema ekliptici ($i = 5^\circ 8'$). On daje vezu

(502)

iz koje, smenom brojnih vrednosti za h i i, dobivamo za najveće udaljenje Mesečeve od čvora u jednu i drugu stranu po ekliptici pri kome može doći do njegova pomračenja ugao od po $11^\circ 5'$. Tako za drugi uslov Mesečeva pomračenja dobijamo znatno tolerantniju vrednost.



Sl. 179. Najveće udaljenje Mesečeva središta od čvora njegove putanje za vreme pomračenja

Mesećevo pomračenje će nastupiti, dakle, onda kada se 1) Mesec nalazi u opoziciji sa Suncem (pun mesec) i 2) kada se u to vreme nadje u blizini čvora svoje putanje, najdalje na udaljenju $11^\circ 5'$ od njega, bilo u jednu ili u drugu stranu.

Ugao od 23° Sunce međutim, predje po ekliptici približno za 23 dana. Prema tome Mesećevo se pomračenje može desiti samo ako se Mesec u tom vremenskom razmaku nadje u fazi punog meseca. Kako vremenski razmak između dva puna meseca iznosi 29,5 dana, tj. više od 23 dana, očigledno je da se Mesećevo pomračenje ne može dogoditi kada je ispunjen samo drugi a ne i prvi uslov.

Znači da u toku jedne godine ne mora biti upšte Mesečevih pomračenja, a može ih biti i dva. Maksimalni broj se u izvesnim slučajevima penje na 3 zbog toga što se usled poremećaja linija čvora Mesečeve putanje prestano pomera, tako da periodi pomračenja koje smo izračunali nastupaju svake godine 20 dana ranije. Ako je izvesne godine prvi period pao na početak godine, može se zato desiti da krajem godine već nastupi ovakav treći period. U tom slučaju,

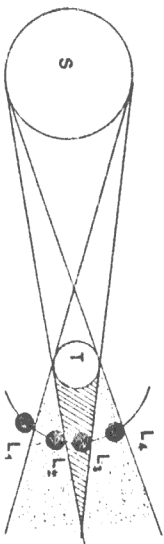
ako je još i prvi uslov zadovoljen, biće tri Mesečeva pomračenja u godini.

Potpuno pomračenje nastupiće ako je Mesec bliži osi konusa Zemljine senke, a delimično ako je dalje od nje, no još uvek u gore izvedenim granicama. Granice ovih udaljenja od čvora za nastupanje potpunog pomračenja mogu se odrediti u okviru jedne vežbe.

Iz odnosa veličina Mesečeva prividnog poluprečnika R_q i prividnog poluprečnika p preseka konusa Zemljine senke, tamo gde ovaj konus preseca Mesečeva putanja, a vodeći računa o brzini Mesečeva kretanja, dobija se da jedno potpuno Mesečevo pomračenje ne traje nikada više od dva časa.

Međutim, i potpuno Mesečevo pomračenje počinje najpre kao delimično, jer Mesec odmah posle dodira konusa Zemljine senke zaroni u nju samo malim delom. Sa njegovim kretanjem on tone u Zemljinu senku sve više i više i na nebu se vidi kako se vidljiviji Mesečev srp sve više tanji. Pojava se događa obrnutim radom posle faze potpunog pomračenja, do konačnog izlaza Mesečeva iz senke. Ni u samoj fazi potpunog pomračenja Mesec nije sasvim nevidljiv. Obično je osvetljen bakarno crvenim sunčevim zracima koji prodiru u Zemljinu senku posle prelamanja kroz Zemljinu atmosferu.

Zbog toga što Sunce nije tačkasti svetlosni izvor, već se sa Zemlje zbog njegove relativne blizine vidi kao svetao kotur konačnih dimenzija, na Zemlju padaju zraci sa raznih tačaka njegove površine. Zbog toga se iz Zemlje, na strani suprotnoj od Sunca, s jedne i druge strane konusa Zemljine senke, obrazuju oblasti tzv. *njene polusenke* (sl. 180) ili oblasti koje su osvetljene jednim delom Sunca. Mesečevi položaji L_2 i L_3 tada bi odgovarali njegovom ulazu u senku i izlazu iz senke, ili početku i svršetku delimičnog pomračenja, a položaji L_1 i L_4 ulazu u polusenku i izlazu iz nje.



Sl. 180. Zemljina senka i polusenka

Početak i svršetak potpunog pomračenja odgovarali bi unutrašnjim dodirima Mesečeva kotura i ivice konusa Zemljine senke.

Zbog neprimetnog potamnjavanja Mesečeva kotura za vreme prolaza kroz polusenku, ovi prolazi nisu od osobitog interesa. Trenuci spoljašnjih i unutrašnjih dodira Mesečeva kotura sa Zemljinom senkom od najveće su važnosti u posmatranju Mesečeva pomračenja. Oni se mogu računski predvideti ako se na jedan pravolinijski pravougli koordinatni sistem ucrtta oko koordinatnog početka krug koji predstavlja presek konusa Zemljine senke tamo gde je seče Mesec. Ako se zatim ucrtta niz uzastopnih Mesečevih položaja prema njegovim koordinatama uzetim iz efemerida i interpolacijom odrnde četiri trenutka dodira. Sa crteža se može tada odrediti i veličina faze pomračenja u svakom trenutku, tj. iznos onog dela Mesečeva kotura koji je u tom trenutku zaronio u senku. Ovakav račun može da posluži kao korisna vežba.

Sve značajne trenutke Mesečevih pomračenja daju nam dve godine unapred sve astronomske efemeride. Posmatrani trenuci nekađa su služili korisno za određivanje geografskih dužina mesta na Zemlji, jer je Mesečevo pomračenje pojava koja se vidi u istom trenutku sa svih mesta na Zemlji za koja je Mesec iznad horizonta. Zbog slabe oštine ivice Zemljine senke (kojoj je uzrok Zemljina atmosfera), posmatrani trenuci ulaza Mesečeva u Zemljinu senku mogu nositi i grešku do 1^m. Zato je ova metoda danas napuštena pored znatno tačnijih. Mesečeva pomračenja danas se najviše koriste za razna ispitivanja same Zemljine atmosfere.

U tablici 40 dati su u svetskom vremenu trenuci najvećih faza u Griniču za sva Mesečeva pomračenja od 1965-1975. g., po *Opolevovoj* monografiji "Kanon der Finsternisse". U delu su date i druge veličine iz kojih se mogu izračunati za sva mesta na Zemlji počeci i svršeci pomračenja i drugi potrebni podaci. Ovi se podaci nalaze za svaku godinu u astronomskim godišnjacima.

Tablica 40.

Datum	Čas	Datum	Čas
1965. VI 14.	1 ^h 51 ^m	1971. VIII 6.	19 ^h 44 ^m
1967. IV 24.	12 7	1972. I 30.	10 53
1967. X 18.	10 16	1972. VII 26.	7 18
1968. IV 13.	4 49	1973. XII 10.	1 48
1968. X 6.	11 41	1974. VI 4.	22 14
1970. II 21.	8 31	1974. XI 29.	15 16
1970. VIII 17.	3 25	1975. V 25.	5 46
1971. II 10.	7 42	1975. XI 18.	22 24

3.3.2. *Pomračenja Jupiterovih satelita.* - To je pojava po suštini ista kao i pomračenje Zemljinog satelita Meseca. I Jupiter, kao tamno telo baca suprotno od Sunca senku u koju mogu ući i iz koje mogu izići njegovi sateliti. Prva četiri, najveća Jupiterova satelita, kreću se oko njega po skoro kružnim putanjama i to skoro u ravni same Jupiterove putanje. Samo četvrti znatno odstupa od ove ravni te zato samo on može ponekad proći mimo konusa Jupiterove senke i ne biti pomračen prilikom svakog obilaska oko planete.

Kako se ova pojava vidi jednovremeno sa svih tačaka na Zemlji kojima je Jupiter iznad horizonta, to je ona ranije korišćena za određivanje razlika geografskih dužina. No zbog nepotpune osrtine Jupiterove senke kod procene trenutka početka ili svršetka pomračenja jednog njegovog satelita greška može dostići i 10^s, pa je ova metoda zbog male tačnosti u novije vreme odbačena.

No ocena trenutka početka, odn. svršetka pomračenja, koriste se i za određivanje sinodičke revolucije i drugih elemenata eliptičnog kretanja ovih satelita.

Znajući teorijsko vreme njihova obilaženja oko planete i određujući ovo vreme, s druge strane, baš iz trenutaka početka i svršetka pomračenja, *Remer* je 1675. g. iz dobivene razlike, tj. zakašnjenja pojave izveo zaključak da se svetlost ne prostire trenutno i prvi put odredio brzinu svetlosti. I doista, pretpostavimo da su t i t' posmatrani trenuci početka pomračenja jednog Jupiterovog satelita iz dva položaja Zemljina na njenoj putanji oko Sunca, pri čemu su nam poznate odnosne daljine d i d' njegove od Zemlje. Pravi

trenuci ovih pojava biće u stvari

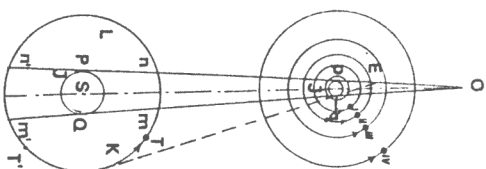
$$T = t - \frac{d}{c} \quad \text{i} \quad T' = t' - \frac{d'}{c}, \quad (503)$$

gde je c brzina svetlosti. Pošto je razmak vremena T' - T poznat, jer sadrži određeni broj sinodičnih revolucija posmatranog satelita, to se za određivanje brzine svetlosti dobiva jednačina

$$(d' - d) \cdot \frac{1}{c} = (t' - t) - (T' - T). \quad (504)$$

Ako je pojava posmatrana sa većeg broja Zemljinih položaja na njenoj putanji, tj. veći broj puta u toku godine, c se može tačnije odrediti metodom najmanjih kvadrata. 1/c je tada vreme koje svetlost upotrebi da prevali astronomsku jedinicu ili srednja Sunčeva paralaksa. Metoda ima istorijski značaj, jer su u novije vreme nadjene tačnije metode za određivanje ovih fundamentalnih astronomskih konstanta.

Posmatranja pomračenja i drugih pojava kod Jupiterovih



Sl. 181. Putanje Jupiterovih satelita i konus Jupiterove senke

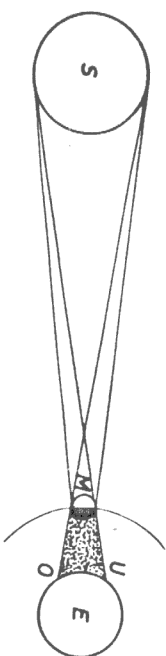
satelita više se i u druge svrhe. Zato veliki astronomski godišnjaci daju svake godine ne samo izračunate trenutke početka i svršetka pomračenja prva četiri Jupiterova satelita, već i izračunate trenutke početka i svršetka prividnih prolaza ovih satelita, kao i njihovih senki, preko prividnog kotura planete.

U računanje ovih trenutaka mi se na ovom mestu nećemo upuštati. Napomenimo samo da se kod svih satelita ne može posmatrati i početak i kraj istog pomračenja. Na sl. 181. prikazani su Sunce S, Zemljina putanja KTL, i Jupiter J sa putanjama njegovih prva četiri satelita I, II, III, IV, kao i konus Jupiterove senke. Ako povučemo tangentu K q E na Zemljinu putanju i Jupiterov ekvatorski presek do tačke E u kojoj seče izvodnicu PQ konusa Jupiterove senke, postaje očigledno da će se za satelite bliže planeti od tačke E, tj. za one čija je dvostruka paralaksa veća od ugla PEK, videti sa Zemlje samo počeci njihovih pomračenja, ako se Zemlja nalazi na luku m'K m svoje putanje, a samo svršeci, ako se Zemlja nalazi na luku mln' svoje putanje. Ugao PEK iznosi $1/5,2 \sin 1^\circ = 11^\circ$, pa se kod prvog satelita nikad ne može videti i početak i kraj istog pomračenja, a kod drugog samo vrlo retko. Sem toga, jednačina

$$L_1 + 2L_3 - 3L_2 = 180^\circ,$$

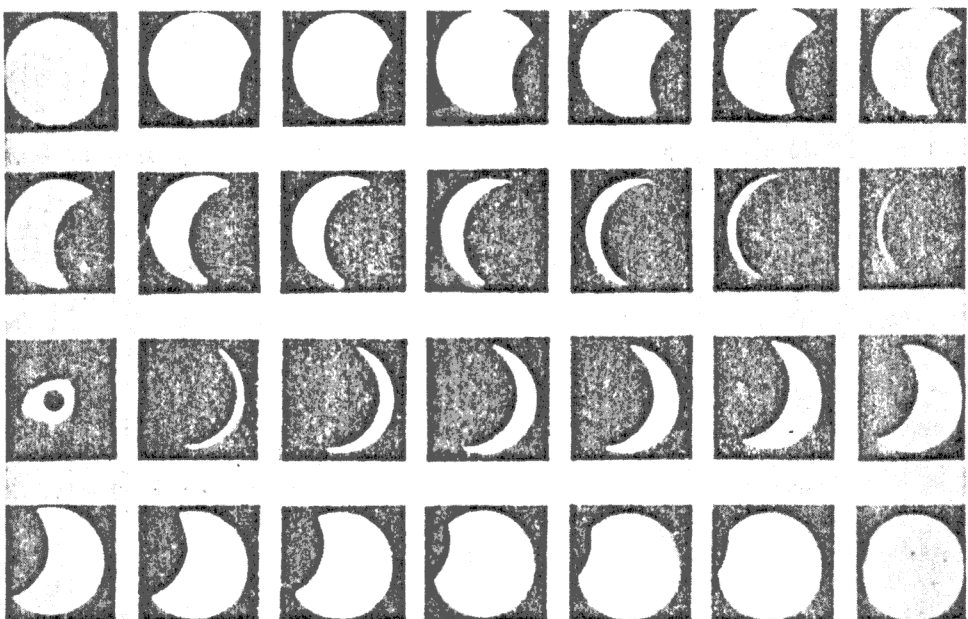
koju smo naveli u 3.1.8. pokazuje da se sateliti I, II, III, IV ne mogu pomračiti jednovremeno.

3.3.3. *Pomračenja Sunca.* - Pomračenja Sunca nastupaju kada Mesec, u svom kretanju oko Zemlje, dodje između Zemlje i Sunca (konjunkcija, mladina). Tada se za posmatrača sa Zemlje Mesečev



Sl. 182. Sunčevo pomračenje

kotur projektuje preko Sunčeva i zaklanja za izvesno vreme, delimično ili potpuno, Sunčev kotur. Kaže se da je nastupilo delimično ili



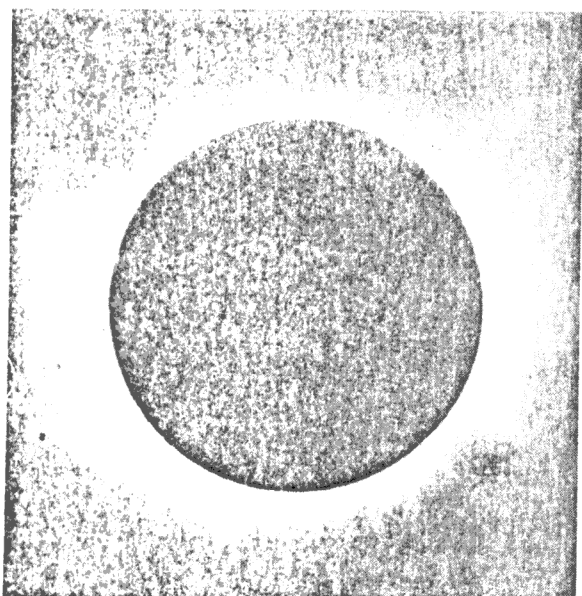
Sl. 183. Uzastopni izgled Sunčeva pomračenja od 15.II 1961. g.

potpuno pomračenje Sunca (sl. 182.).

Na sl. 183. vide se pojedine faze Sunčeva pomračenja od 15. II 1961. g. kako su ga snimili naši astronomi. Na zapadnom (desnom) kraju kotura zapaža se najpre da je Sunčev kotur jedva primetno "okrnjen", da se preko njega prevlači sve više i više tamni (Mesečev) kotur sa kružnom ivicom. Od Sunčeva kotura ostaje sve uži svetao srp i najzad samo jedan mali delić koji podseća na dragi kamen. Na Zemlji se tada ne zapaža osetno smanjenje osvetljenja. NO kad iščezne i poslednji Sunčev zrak Zemlju odjednom obuzme duboki suton. Samo se na horizontu zapaža svetao pojas, odsjaj sa Zemljinih oblasi na koje nija pala Mesečeva senka. Kaže se da je počela *faza totaliteta ili potpunog pomračenja*. Istog trenutka javlja se oko Sunca blještavi tanki crveni prsten Sunčeve hromosfere (donjeg sloja atmosfere) iz koga izbijaju džinovske protuberance (erupcije gasova) a oko ovoga na daljini od još dva do tri Sunčeva prečnika blista bledim sjajem Sunčeva korona (gornji sloj atmosfere). Plamene i najsjajnije zvezde tada se vide na nebu. Posle nekoliko minuta trajanja ove faze, Mesečev kotur se pomera na istok i na zapadnoj ivici Sunčeva kotura blesne prvi Sunčev zrak, zatim se javlja tanak blještavi srp, povećavajući se sve više da najzad postane vidljiv i ceo Sunčev kotur. Završila se i faza delimičnog pomračenja. Sa zvezdanim nebom potpuno Sunčevo pomračenje spada u najlepše priroze, koji se sa Zemlje mogu sagledati. Potpuno pomračenje Sunca mogu videti samo posmatrači sa Zemlje koji se nalaze u krugu preseka Zemljine površine sa Mesečevom senkom. Prečnik kruga iznosi nekoliko stotina kilometara, a najčešće oko 200 km., što zavisi od Mesečeva udaljenja od Zemlje u tom trenutku. Izvan ovog kruga, pa sve do kruga duž koga se seče Zemljina površina s Mesečevom polusenkom, vidi se samo delimično pomračenje Sunca. Za posmatrača izvan ove oblasti Sunce ostaje nepomračeno. Dakle, za razliku od Mesečeva pomračenja, Sunčevo se pomračenje ne vidi sa cele Zemljine polulopte koja u tom trenutku ima Sunce nad horizontom.

NO da bi nastupilo Sunčevo pomračenje za jedno mesto na Zemlji nije dovoljno da se Mesec nađe u konjunkciji sa Suncem, već da njegovo središte bude približno i u istoj ravni sa Zemljinim i Sunčevim, tj. da Mesec dodje u ravan ekliptike. To se, međutim, može desiti samo kada se Mesec u mladini nađe još i u blizini linije čvorova svoje putanje. Da bismo odredili na kome se najvećem uglavnom

udaljenju Mesečeva središta od čvora njegove putanje može desiti Sunčevo pomračenje, vratimo se na sl. 189. i odredimo najpre uglavnom



Sl. 184. Izgled jednog potpunog Sunčevog pomračenja. Vidi se korona i jedna protuberanca

poluprečnik ρ' kružnog preseka konusa kroz koji treba da prodje jedan deo Mesečeva kotura da bi došlo do Sunčevog pomračenja. Iz odgovarajućeg trougla je

$$\rho' = \pi r_c + f = \pi r_c - \pi_0 + R_0 \quad (506)$$

Pomračenje će Sunca (makar i delimično) očigledno nastupiti kada Mesečev središte priđe osi konusa Zemljine senke na uglavnom odstojanju h' manje od

$$\rho' + R_c = \pi r_c - \pi_0 + R_c + R_0 = 57'7''0'' + 15'8''16''0'' = 1^{\circ}29'4'' \quad (507)$$

Približnu vrednost udaljenja Mesečeva središta od čvora njegove putanje po ekliptici $\lambda_0 - \beta$ dobijemo i u ovom slučaju slično kao kod Mesečevih pomračenja i ona iznosi $\pm 16^{\circ}1'$, dakle znatno više nego kod Mesečevih pomračenja. Zbog toga se Sunčeva pomračenja dešavaju češće od Mesečevih za Zemlju kao celinu. No zbog toga što

se, za razliku od Mesečevih, vide samo s malog dela njene površine, za jedno određeno mesto na Zemlji daleko su ređe pojave od Mesečevih pomračenja.

Kako se Sunce pomera približno po 1° po svojoj putanji, to sektor od $2 \cdot 16^{\circ}, 1 = 32^{\circ}, 2$ predje za oko 32 dana. Kako je ovaj razmak duži od sinodičnog meseca, u njemu se mora dogoditi najmanje jedna mladina, a ponekad i dve, dakle, jedno, a ponekad i dva Sunčeva pomračenja. Kako su čvorovi Mesečeve putanje udaljeni jedan od drugog 180° po ekliptici, to posle šest meseca očigledno Sunce mora proći i kroz drugi čvor, gde takodje mora nastupiti najmanje jedno, a ponekad i dva Sunčeva pomračenja. Prema tome u toku svake godine moraju se desiti najmanje dva Sunčeva pomračenja, a može ih biti i četiri.

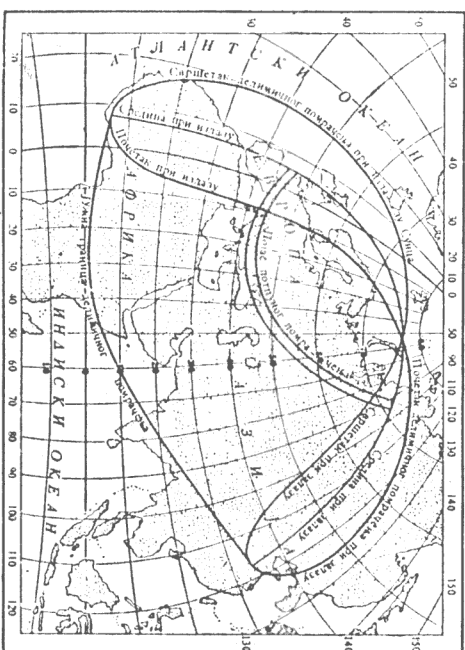
Videli smo međjutim, da se usled poremećaja linija čvorova Mesečeve putanje neprestano pomera, tako da periodi pomračenja nastupaju svake godine 20 dana ranije. Ako je prvi period bio na početak godine, može se zato desiti da krajem godine započne već i treći ovakav period. U tom slučaju imamo u godini 5 Sunčevih pomračenja (za Zemlju kao celinu), i to je njihov maksimalan broj u jednoj godini. Najčešće se događaju po dva Sunčeva pomračenja u godini.

Zbog ekscentričnosti Mesečeve putanje, njegovo se udaljenje od Zemlje neprestano menja, a usled ovoga i veličina prividnog Mesečevog kotura, pa je on nekad malo manji, a nekad malo veći od Sunčeva. Ako se Sunčevo pomračenje desi kada je Mesec oko apogeja, tj. kad mu je prividni kotur najmanji, posmatrači koji se na Zemlji nalaze u blizini ose konusa Mesečeve senke videće, u trenutku kada se središta prividnih kotura Meseca i Sunca približno poklope, da Mesečev kotur ne pokriva potpuno Sunčev, već da se od ovog poslednjeg vidi bleštavi prsten oko tamnog Mesečevog kotura. Takvo se Sunčevo pomračenje naziva *prstenasto*.

Zbog Mesečeva kretanja oko Zemlje i njegova se senka bačena na Zemlju u toku Sunčeva pomračenja pomera po Zemljinoj površini sa zapada na istok, te za razna mesta na Zemlji jedno isto pomračenje počinje i ceo njegov tok i svršetak odigravaju se u raznim trenucima. Za tačan predračun ovih trenutaka (efemeride Sunčeva pomračenja) dali su metode *Bessel* i *Hansen*. Neznatno za njima zaostaje

po tačnosti vrlo prosta *Gaussova* geometrijska metoda. No njihovo izlaganje prelazi okvire opšteg kursa.

Kada se za jedno Sunčevo pomračenje sračunaju počeci i svršeci faze totaliteta za sva važnija mesta na Zemlji, nije teško naneti na geografsku kartu pojas koji je prebrisala Mesečeva bačena senka po Zemljinoj površini, tzv. *pojas totaliteta*. Krive približno paralelne granicama ovog pojasa spajaju na Zemlji mesta jednakih faza pomračenja, tj. mesta sa kojih se može videti dotično pomračenje kao delimično i to npr. najviše 0,8; 0,6; 0,4; 0,2; ... pomračenog Sunčevog kotura. Poprečne krive, koje seku krive jednakih faza i zonu totaliteta pod velikim uglom (bliskim pravom) spajaju mesta na



Sl. 185. Karta Sunčevog pomračenja od 15. II 1961. g.

Zemlji u kojima uočeno Sunčevo pomračenje počinje u istom trenutku. Ovakve krive, zajedno s efemeridama pomračenja, daju za sva pomračenja veliki astronomski godišnjaci. Na sl. 185. date su ove krive za potpuno Sunčevo pomračenje od 15. II 1961. god., prvo koje se viđelo iz naših krajeva posle 1666. godine. Naredno će biti tek 2135. godine.

Maksimalno trajanje potpunog pomračenja jednog mesta na Zemlji u naše vreme iznosi 7^m , no najčešće ne prelazi 2-3 m . Pomenuto

pomračenje koje su naši astronomi posmatrali sa ostrva Hvara, trajalo je

$$2 \frac{1}{4} \text{ m.}$$

U donjoj tablici dati su u svetskom vremenu trenuci najvećih faza u Griniču za sva Sunčeva pomračenja od 1965. - 1975. g. Prema čuvenom *Opolicevovom* delu "Kanon der Finsternisse". U njemu su utabličene i druge veličine iz kojih se mogu izračunati za sva mesta na Zemlji počeci i svršeci pomračenja i svi drugi potrebni podaci. Ovi se podaci nalaze za svaku godinu u astronomskim godišnjacima.

Tablica 41.

Datum	Čas	Datum	Čas
1965. V. 30	21h 13m 8s	1971. II. 25	9h 49m 1s
1965. XI. 23	4 10h 8s	1971. VIII. 22	15.1
1966. I. 20	4 40.9	1971. VIII. 20	22 34.0
1966. XI. 12	14 36.8	1972. I. 16 10	10 33.3
1967. V. 9	14 58.8	1972. VII. 10	19 39.5
1967. XI. 2	5 49.9	1973. I. 4	13 42.9
1968. III. 28	22 48.4	1973. VI. 30	15 38.1
1968. IX. 22	11 9.2	1973. XII. 24	13 8.1
1969. III. 18	4 52.3	1974. VI. 13	4 25.9
1969. IX. 11	19 56.1	1974. XII. 13	19 7
1970. III. 7	17 43.2	1975. V. 11	5.7
1970. VIII. 31	22 2.6	1975. XI. 3	5.1

Posmatranja potpunih Sunčevih pomračenja su od daleko

većeg značaja no posmatranja njegovih delimičnih pomračenja i pomračenja Meseca. Za astrometriju su od važnosti što se vezivanjem za Sunce mogu tom prilikom vrlo tačno odrediti popravke Mesečevih teorijskih koordinata, pa i samih elemenata njegove putanje koja još nije poznata u svakom trenutku sa najvišom mogućom tačnošću. Ovim metodama bave se nebeska mehanika i teorijska astronomija. Posmatranje pojave je od velikog značaja i za izučavanje Sunčeve hromosfere i koro-ne, koje su najpristupačnije instrumentima kada je bleštavi Sunčev kotur potpuno pomračen. Metodama ovih posmatranja i tumačenjem njihovih rezultata bavi se astrofizika.

3.3.4. *Saros.* - Posle dugogodišnjih sistematskih posmatranja još su stari astronomi primetili da se posle 18 godina i 11 1/3 dana sva Mesečeva i Sunčeva pomračenja ponavljaju istim redom, pa im je ovo omogućilo da predviđaju pomračenja. Ovaj ciklus oni su nazvali *saros* po egipatskoj reči koja znači ponavljanje.

I doista, pomračenja će se ponavljati istim redom posle

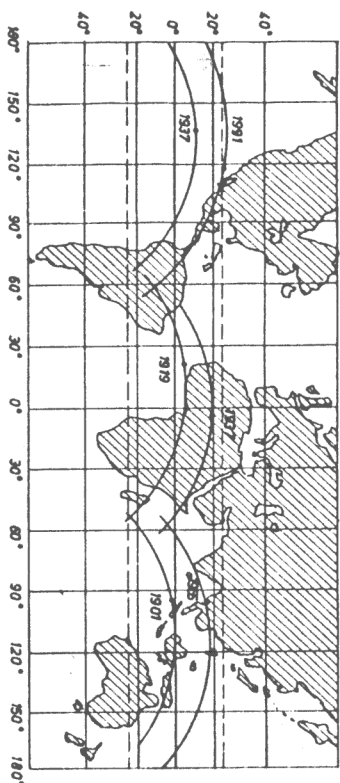
jednog uočenog kad istekne vremenski razmak potreban da se dogodi ista Mesečeva mena na istom uglavnom odstojanju od čvora njegove putanje. Mesečeve mene ponavljaju se u razmaku od 29,53 059 dana (sinodički mesec), a vraćanje Mesečevu u isti čvor u razmaku od 27,21 222 dana (drakonitički mesec). Traženi period biće najmanji broj dana koji sadrži ceo broj sinodičkih i ceo broj drakonitičkih meseci. Taj broj je 6 585 dana, jer je

$$223 \times 29,53 \ 059 = 6 \ 585,322 \text{ dana}$$

$$242 \times 27,21 \ 222 = 6 \ 585,357 \text{ dana.}$$

Zato će se posle 6 585 dana ili 18 godina i 10, odnosno 11, odnosno 12 dana (već prema tome koliko ima prestupnih godina u ovom periodu) pomračenja ponavljati na isti način.

Međutim, iz prednjeg se vidi da su po tražanju 223 sinodička meseca samo približno jednaki sa 242 drakonitička meseca. Zato se posle isteka ovog perioda Mesec neće naći baš na istom uglavnom rastojanju od svog čvora kao i pre tog perioda, te će se pomračenja redjati istim redom samo približno. Sem toga dužina sarosa



Sl. 166. Pojasi potpunih Sunčevih pomračenja kroz 5 sarosa, od 1901. do 1991. g.

ne iznosi ceo broj dana, već preostaje još 1/3 dana. Zato će se posle svakog sarosa ponavljati pomračenja istim redom, ali će ona biti

vidljiva iz Zemljinih oblasti koje su pomerene na zapad za oko 120° . Društvo rečeno, odgovarajuća pomračenja događaju se u istim mestima na Zemlji sa zakašnjenjem od oko 7^h42 , pa zato se uvek ne moraju videti sa onog mesta gde se videlo odgovarajuće pomračenje pre jednog sarosa. Na sl. 186 dati su pojasi potpunih Sunčevih pomračenja iz 1901, 1919, 1937, 1955, 1973, 1991. g. Sa nje se jasno zapaža rečeno pomeranje.

3.3.5. *Okultacije nebeskih tela Mesecom.* - To je pojava po svojoj suštini slična s pojavom Sunčeva pomračenja. Mesec, na svojoj putanji oko Zemlje, nailazi ispred udaljenih zvezda i planeta i zaklanja ih. U trenutku kada se svojim istočnim rubom Mesečev kotur približi zvezdi i prividno je dodirne, ona trenutno iščezava iza nje, a isto tako se trenutno i pojavljuje iza njegovog zapadnog ruba. Ovo znači da sve zvezde imaju zanemarljivo mali prividni prečnik i da Mesec nema atmosferu.

Pojava iščezavanja (*disparacije*) zvezde može se posmatrati samo kada je istočni rub Mesečev taman, a pojava pojavljivanja (*reaparacije*) zvezde može se posmatrati samo kada je zapadni rub Mesečeva kotura taman, inače se zvezda gubi iz vida u jačem sjaju Meseca.

Planete zbog svojih merljivih prividnih prečnika iščezavaju i pojavljuju se postupno.

Pojava okultacija zvezda posmatra se sistematski na mnogim astronomskim opservatorijama. Iz posmatranih trenutaka okultacija mogu se izvoditi popravke Mesečevih koordinata, a isto tako određivati i geografske dužine mesta na Zemlji u različite svrhe.

3.3.6. *Prolazi Merkura i Venere ispred Sunčeva kotura.* - To su pojave u suštini slične Sunčevu pomračenju, samo ovaj put ne prelazi Mesečev, već Merkur i Venerin kotur, prividno preko Sunčeva kotura. Pojava se događa kada se Merkur ili Venera nađu u donjoj konjunkciji u trenutku kada se Zemlja nalazi na liniji čvorova Merkurorve odnosno Venerine putanje. Tada se planeta zapaža kao tamni koturić koji prelazi sa zapadnog na istočni rub prividnog Sunčevog kotura.

Ovo se za Merkur može dogoditi oko 7. maja i oko 9. novembra, jer tada Zemlja prolazi kroz liniju čvorova Merkurorve putanje. Za Veneru se ovo može desiti oko 7. juna i 8. decembra.

Prolazi Merkurorvi su dosta česti i oni se mogu koristiti za određivanje njegovih koordinata iz Sunčevih.

Prolazi Venerini su daleko redji i nižu se u razmacima od 8, 121 $1/2$, 8, 105 $1/2$, 8, 121 $1/2$ godina. Poslednji su posmatrani decembra 1874. g. i 1882. g., a naredni će se dogoditi 8. juna 2004. g. i 6. juna 2012. g. U prošlom veku posmatrani trenutci dodira Venerina i Sunčeva kotura korišćeni su za određivanje Sunčeve paralakse. Za ovo su danas nadjene tačnije metode.

Efemeride ovih pojava, kao i efemeride pomračenja, objavljuju na godinu i više dana unapred svi veći astronomski godišnjaci.

Z A D A C I

1. Objasniti mehanizme Mesečevih i Sunčevih pomračenja.
2. Po kojim se znakovima razlikuje delimično pomračenje Meseca od njegovih mena?
3. Ponekad Mesec u potpunom pomračenju izlazi pre Sunčeva zalaza, tako da se oba nebeska tela vide jednovremeno i, prema tome, Sunce se vidi sa Meseca tako je Mesec pomračen. Kako se to objašnjava?
4. Koja se pomračenja, Sunčeva ili Mesečeva, često vide u Beogradu, Zagrebu i Ljubljani?
5. Zašto sa vreme delimičnih Sunčevih pomračenja svetle mrlje u senci lišća imaju oblik srpa?
6. Otkriti na karti Sunčevih pomračenja, koje se nalaze u svakom astronomskom godišnjaku, kada je po mesnom vremenu sredina pomračenja i kolika je njegova najveća faza za nekoliko mesta duž pojasa potpunog pomračenja.
7. Jedan je putnik tvrdio da je video kako Sunčev kotur počinje da se pomračuje odo. Da li se može videti takva pojava? Ako može, gde i u koje vreme?
8. Koristeći se sl. 187 gde su O i E centri Sunca i Zemlje, izraziti dužinu konusa Zemljine senke EC=1 pomoću poluprečnika Sunca i Zemlje R i r i Sunčeve daljine od Zemlje OE=A. Izraziti istu dužinu pomoću Zemljinog poluprečnika r, prividnog Sunčevog poluprečnika S i Sunčeve paralakse p.
9. Staviti na pomičnu zvezdanu kartu providnu hartiju i naneti na nju položaje Sunca i Meseca u dane pomračenja.
10. Izačunati srednje vrednosti udaljenja Sunca i Meseca od čvora Mesečeve putanje pri kojima dolazi do delimičnih i potpunih Sunčevih pomračenja. Izačunati zatim srednje vrednosti udaljenja Sunca i Meseca od čvorova Mesečeve putanje, pri kojima dolazi do Mesečevih pomračenja. Iz ovih rezultata izračunati trajanje perioda u godini u toku kojih može doći do Sunčevih i Mesečevih pomračenja i izvesti