

I. poglavlje

MJESEC I
POMRČINE

Izučavamo Mjesec, bavimo se astronomijom

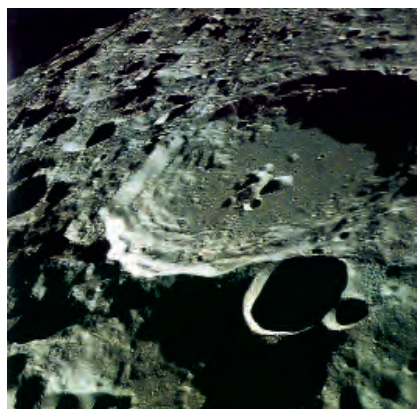


Sl. 1. Snimak iz letjelice, dio se vidi sa Zemlje.

Upoznajmo Mjesec! U ovom ćemo poglavlju otkriti zašto nam Mjesec baš uvijek pokazuje istu stranu. Pritom mu se osvijetljeni dio stalno mijenja, pa ga vidimo u različitim oblicima srpa - fazama. Dok se gibao oko Zemlje, znade se dogoditi da pokrije Sunce ili da uđe u Zemljinu sjenu - tada nastaju pomrčine. Pokazat ćemo način kojim se može odrediti udaljenost Mjeseca i Sunca, a tko želi računati, može im odrediti i veličinu. Opažanje Mjesečeve površine dalekozorom upućuje nas u njegovu prirodu, o kojoj će nas, nadalje, poučiti dostignuća astronautike. Saznajemo kako je mogao nastati i kako se razvijao.

Boravak ljudi na Mjesecu bio je veoma uzbudljiv. Zato o Mjesecu sigurno već znadeš puno toga, a da li znaš i ovo:

- Ima li na Mjesecu vode i zraka?
- Kako se zovu Mjesečevi oblici prikazani na slici 3?
- Ima li vode u Mjesečevu Moru kiša?
- Tko su bili prvi ljudi na Mjesecu?



Sl. 2. Druga strana Mjeseca bogata je kraterima. Najveći na slici ima 80 km.



Sl. 3. Snimke dobivene u tijeku mjesecca

Prirodan pratilac Zemljin

Nezamisliv bio bio prirodan krajolik bez Mjesečeve pojave. Poslije Sunca, na nebeskom svodu najviše nas se doima Mjesec. Pojava mu je u povijesti bila dizana do razine božanstva. U antičko doba mudraci su držali da nebeska tijela imaju drukčiju građu no zemaljska tijela. U renesansi - vrijeme prije 300 - 400 godina - došlo je do znanstvenog prosvjećenja. Tada su na Mjesecu uz pomoć dalekozora ugledane planine, što je utvrdilo pomisao da su nebeska tijela jednako stvarna kao i Zemlja.

Mjesec je Zemljin prirodni pratilac, satelit. Zato i pratiće drugih planeta katkada zovemo "mjesecima". Snimci iz svemirskih letjelica pokazuju kako Mjesec obilazi oko Zemlje na odstojanju. Sustav Zemlja-Mjesec povezan je privlačnom silom, a takva ga sila povezuje i sa Suncem. Zemlja i Mjesec gibaju se zajedno oko Sunca.

Izgled Mjeseca stalno se mijenja. Vidimo ga u obliku srpa, punog kruga, polovice kruga; oblike zovemo fazama ili mijenama. Kako Mjesec obilazi oko Zemlje, katkada se nađe izravno na putu Sunčevim zrakama - tada dolazi do pomrčine Sunca ako sam zađe u Zemljinu sjenu, nastaje pomrčina Mjeseca. Na njegovoj površini okom lako zamijetimo oblike. Promatranje Mjeseca nikada ne dosadi. Kad ga gledamo bez teleskopa može nam se činiti da vidimo "zeca na Mjesecu", "djevojku na Mjesecu", ili nasmiješeno lice. A uz pomoć manjeg dalekozora dade se na površini Mjeseca uočiti mnogo novoga: krateri, ravnice, planine - pravi jedan svijet!

Razmotri:

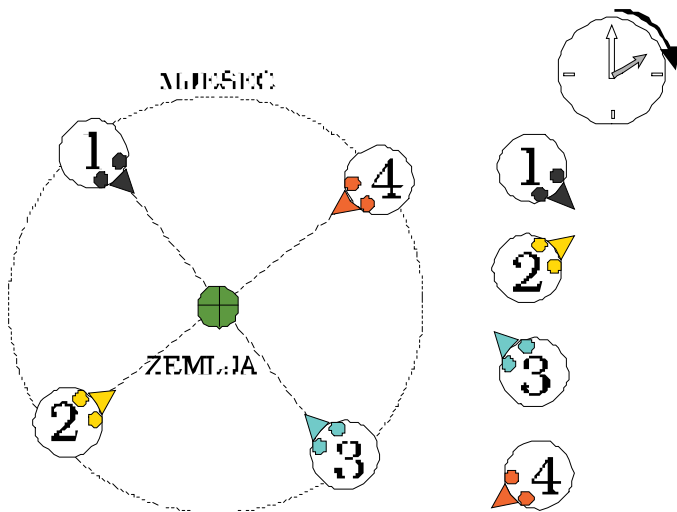
1. Što drži Mjesec zajedno sa Zemljom?
2. Kada dolazi do pomrčine Sunca?



PROJEKT 1. Crtanje Mjeseca.
(Vidi Praktične radove str. 37.)

Zašto Mjesec pokazuje uvijek istu stranu?

Sa Zemlje gledamo uvijek istu Mjesečevu stranu. Zar se Mjesec uopće okreće oko svoje osi? Pokažimo crtnjom da se Mjesec ipak okreće! Zamislimo dječju igru u kojoj jedno dijete - Mjesec obilazi oko drugoga - Zemlje, a pritom mu je uvijek licem okrenuto.



Sl. 4.

Mjesec oko Zemlje giba ulijevo, suprotno od kazaljke na satu, a jednako i oko svoje osi.

Usporedimo iz-gled Mjeseca na lijevoj slici po brojevima 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 s izgledom lica na desnoj slici. Na lijevoj je slici Mjesečev "nos" stalno uperen u Zemlju, dok nam desna slika pokazuje da se Mjesec okreće oko vlastite osi.

U kojem se smjeru Mjesec okreće? Provjerimo to pomoću gibanja satne kazaljke. Kazaljka sata vrti se udesno, dok se Mjesec

Pouka: Mjesec se okrene oko svoje osi u istom smjeru i u isto vrijeme, u koje se okrene oko Zemlje. Zato mu vidimo uvijek istu stranu.

Vrtnja Mjeseca usklađena je s njegovim obilaženjem oko Zemlje. Takav je sklad postignut u mnogih planetskih pratilaca, satelita Jupitera, Saturna, Urana... U posjetu drugim planetima vidjeli bismo samo jednu stranu mnogih njihovih mjeseca.

Vrtnja i obilaženje su dva načina gibanja. Vrtnja se još zove rotacijom, a obilaženje revolucijom. Mjesec i Zemlja su dvojni sustav u kojemu je kao i kod nekih drugih sustava, vrtnja pratioca vremenski izjednačena s obilaženjem. Govorimo o sinkronoj vrtnji

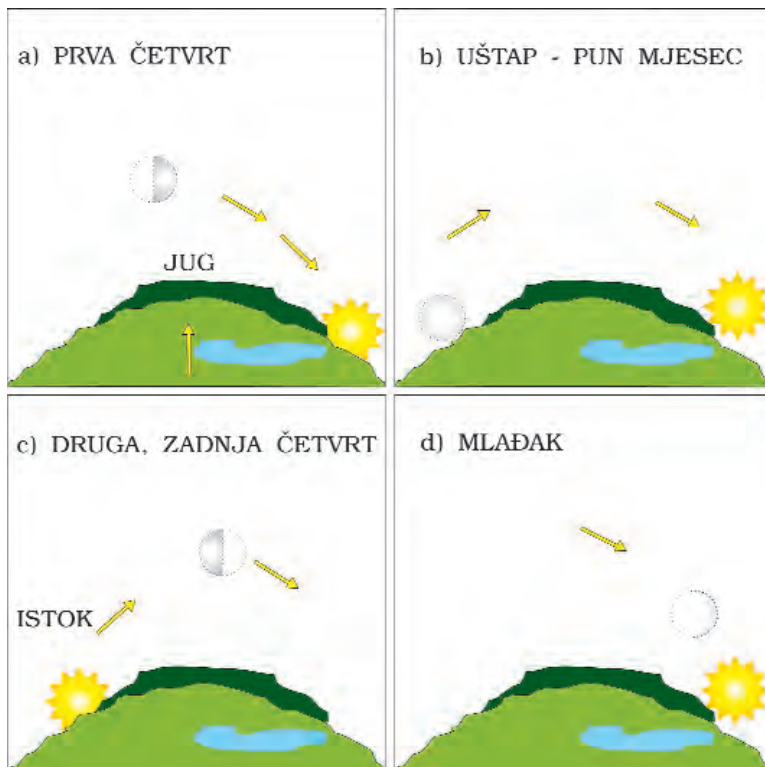
Razmotri:

1. Što su rotacija, a što revolucija?
2. Što je sinkrona vrtnja?
3. Što treba učiniti da bi se Mjesec vidio sa svih strana?

Mjesečeve faze (mijene)

Mnogih vedrih noći - često i po danu, Mjesec krase nebo. U našim krajevima Mjesec gledamo na južnom dijelu obzorja. Izlazi na istočnom horizontu, najviše se izdigne kada je u smjeru juga, a potom zalazi na zapadu. No u danu se ne giba jednakim tempom kao Sunce, već zaostaje.

Gibanje Mjeseca nebom prividno je gibanje, slično tome kako se nebom "gibaju", "putuju" zvijezde i Sunce.



Sl. 5. Odnos Sunca i Mjeseca u različitim fazama

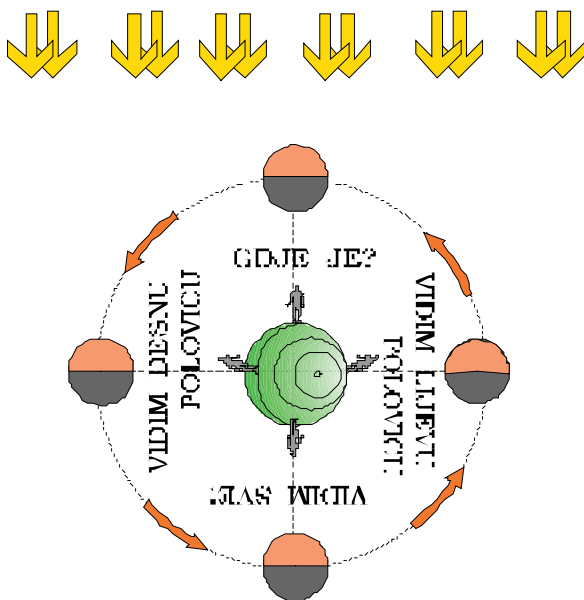
Ove četiri slike pokazuju kako Mjesečeve mijene ovise o odnosu Sunca prema njemu. Ako jednog dana vidimo Mjesec u pravcu

juga kao prvu četvrt (sl. 5. a), Sunce upravo zalazi. Sljedeće dane Mjesec će kasniti za Suncem pa za tjedan dana u vrijeme Sunčeva zalaza, Mjesec tek izlazi, ali kao pun Mjesec, uštap (sl. 5. b). Za još tjedan dana Mjesec ćemo ugledati zapadnije od Sunca kao drugu ili zadnju četvrt (sl. 5. c). Potražimo li Mjesec nakon sljedećih tjedan dana, nećemo ga uočiti jer će biti jako tankog srpa, mlađak, pa će trebati počekati još dan-dva da ga ugledamo.

Put kojim u danu Mjesec prolazi nebom nije isti kao i Sunčev put, ali je blizu. Kako ćemo zapamtiti Mjesečeve faze? Prilikom promjene izgleda kažemo za Mjesec da "raste" ili "pada". Kako mu se tanak srp popunjuje, on je sve širi, puniji i dobiva oblik slova D - to čitamo "dobiva". Nakon punog Mjeseca, postaje sve tanjeg srpa, slični na slovo G - to čitamo "gubi". Pogled na Mjesec ne otkriva samo oblik faze, već i vidljive naznake na površini, pa tako i pomoću njih prepoznavamo u kojoj se fazi Mjesec nalazi. Granica svjetlosti i sjene na Mjesecu je granica između dana i noći, pa je zovemo *sumra~nicom*

Kako protumačiti nastanak faza? Zemlja se vrti oko svoje osi i obilazi oko Sunca. Mjesec se vrti oko svoje osi, obilazi oko Zemlje, a zajedno sa Zemljom i oko Sunca. Nastanak faza ovisi o odnosu Mjeseca i Sunca prema Zemlji. Sunce osvjetljava Mjesec i mi to vidimo iz različitih položaja.

Slika 6. prikazuje kako Sunčeve zrake padaju iz jednog smjera. Kada se u smjeru Sunca postavi Mjesec, osvjetljena mu je udaljenija strana, a strana koja je nama okrenuta, tamna; to je mlađak. Sljedeći dan-dva uočiti ćemo tanak srp koji s vremenom "raste". Nakon četvrtine obilaska, bliža mu je strana osvjetljena napola; to je prva četvrt. Bliža Mjesečeva strana osvjetljena je posve kada se Mjesec nalazi na suprotnoj strani od Sunca; tada je pun ili uštap. Prijeđe li Mjesec oko Zemlje još četvrtinu kruga, nastupa druga ili zadnja četvrt. Faza se ponavlja kada Mjesec stiže u položaj u kojemu je razmještaj Sunca, Zemlje i Mjeseca jednak.



Sl. 6. Osvjetljeni dio Mjeseca vidi se s različitih strana

Vrijeme obilaska Mjeseca oko Zemlje obzirom na Sunčeve zrake, tj. period izmjene faza, zove se sinodički mjesec. Točna su mjerenja pokazala da on traje 29 d 12 h 44 min 3 s. Vidimo da je to nešto duže od 29,5 d. Zbog svakodnevnih životnih razloga, godina je raspodijeljena u 12 kalendarskih mjeseci koji traju od 28 do 31 dan.

U vrijeme neposredno oko mladaka znade se osim tankog svijetlog srpa vidjeti kako je i tamni Mjesečev dio blago osvijetljen. To je svjetlost koju odražuje Zemlja, pa nam se jako oslabljena vraća. Svjetlost zovemo "pepeljastom", a kaže se da je "stari" Mjesec u naručju "mladoga".

Razmotri:

1. Imenuj Mjesečeve faze!
2. Koliko dana traju kalendarski mjeseci? Zašto nisu svi jednaki sinodičkom mjesecu?
3. Što je sinodički mjesec?



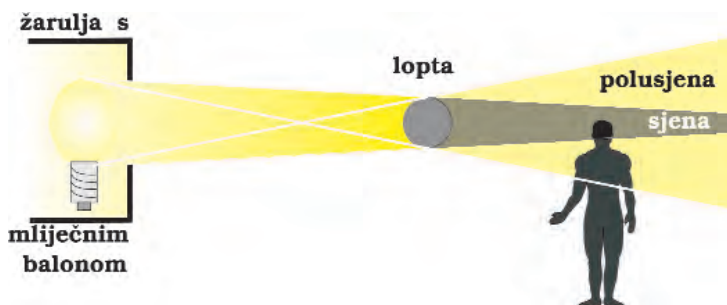
PROJEKT 2. **Orijentacija po Mjesecu.** (str. 38.)

Kada dolazi do pomrčina?

Svaka prirodna pojava vrijedna je izučavanja. Jeste li doživjeli pomrčinu Mjeseca ili Sunca?

Između Mjesečevih faza i pomrčina postoji veza: do Mjesečeve pomrčine dolazi samo u vrijeme uštapa, a do Sunčeve u vrijeme mladaka.

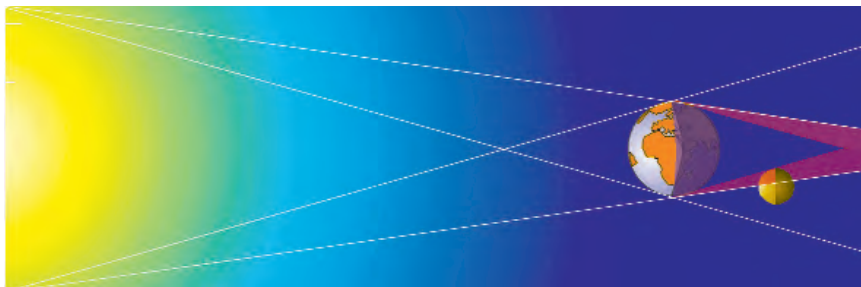
Pomoću pokusa prikazanog na slici 7. dokažimo kako nastaje pomrčina. Postavimo li predmet u sjenu što se pruža iza osvijetljene lopte, predmet se pomračuje.



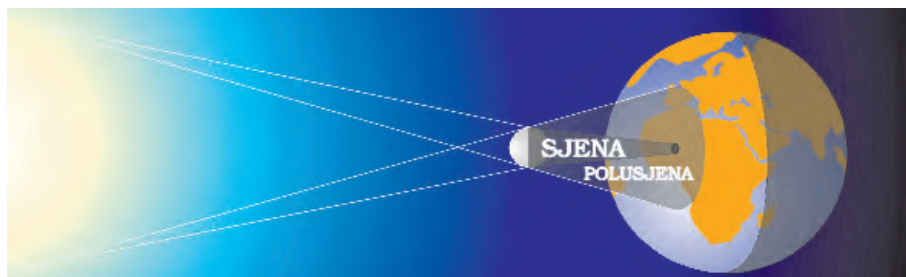
Sl. 7. Geometrija pomrcina

Žarulja ima ulogu Sunca, lopta ulogu Zemlje, a glava figure - Mjeseca. U sjenu izravno ne ulazi ni najmanja svjetlost žarulje, a tamo gdje pristiže dio svjetlosti žarulje, nalazi se polusjena.

Postavimo li predmet između žarulje i lopte, dio lopte biva zasjenjen. Tako nastaje pomrčina Sunca. Tamo gdje stožac sjene zadire u loptu, pomrčina je potpuna. Tamo gdje pristiže samo dio zraka svjetlosti s izvora, pomrčina je djelomična, tj. izvor se djelomice vidi, djelomice je zamračen. To je područje polusjene. No najveći dio polutke ostaje posve osvijetljen!



Sl. 8. Djelomična Mjeseceva pomrcina



Sl. 9. Pomrcina Sunca

Do pomrčine Mjeseca dolazi u fazi uštapa, a do pomrčine Sunca u fazi mladaka. No iako Mjesec obilazi oko Zemlje svakih mjesec dana, ne upada uvijek u tim fazama u Zemljinu sjenu, niti svaki puta baci sjenu na Zemlju. Razlog je u tome što se njegova staza na nebu ne podudara sa Sunčevom stazom. (Vidi još gibanja Mjeseca.)

Tijekom godine najčešće se jave dvije Mjesečeve i dvije Sunčeve pomrčine, iako može proći godina bez ijedne Mjesečeve pomrčine! Sunce više puta pomrča, ali to vidi manje ljudi jer je često potrebno otputovati daleko do mjesta pomrčine!

Dok o veličini Mjeseca nimalo ne ovisi njegova pomrčina, pomrčina Sunca ovisi o tome koliko je Mjesec velik. Da je samo malo manji, do pomrčina Sunca ne bi došlo. Mjesec se giba 400 puta bliže Zemlji u odnosu na Sunce, a upravo toliko je puta Mjesec manji od Sunca. Stoga na nebeskom svodu Mjesečevo tijelo zauzima isti kut kao i Sunčevo tijelo.

Opazanje Mjesečeve pomrčine



Sl. 10. Djelomična Mjesečeva pomrčina

Mjesečeva pomrčina zbiva se kako to pokazuje slika 10.

Sjena postupno prelazi preko Mjesečeva tla, planina i dolina. Lako to uočavamo pomoću malog dalekozora. Pomrčina je nastala jer je Mjesec zašao u Zemljinu sjenu. Sjena je područje gdje Sunčeve zrake ne stižu izravno. Rub sjene ima oblik kruga. Sjena nije sasvim crna. Mjesec je i za vrijeme potpune pomrčine lagano osvijetljen jer postoji svjetlost koja se raspršila u Zemljinoj atmosferi. Zemljina atmosfera na sve strane razasipa, raspršuje modru svjetlost mnogo više nego crvenu pa osvijetljena atmosfera

propušta iza Zemlje najviše crvene svjetlosti. Stoga nam se pomračena Mjesečeva površina pokazuje zagasito-crvenkastom.

Područje polusjene osvijetljeno je zrakama svjetlosti koje pristižu s dijela Sunca. No prostim okom se ne uočava kada Mjesec zalazi u polusjenu; pomrčinu zapažamo tek onda kada dio Mjeseca zađe u sjenu.

Ako je Mjesečevo tijelo samo dijelom ušlo u sjenu, pomrčina ostaje djelomična. Ako je Mjesec čitav u sjeni, pomrčina je potpuna.

Pomrčina se vidi jednako dobro iz svih mjesta noćne Zemljine polutke. Pomrčina može trajati do 3,5 sata. Oboružajmo se strpljenjem!

Opazanje pomrčine Sunca

Pomrčina Sunca može biti djelomična, potpuna i prstenasta (sl. 11). Do prstenaste pomrčine dolazi zato što Mjesec nije stalno na jednakoj udaljenosti od Zemlje; kada je dalji, vidimo ga manjeg, pa ako se u tom trenutku nađe na putu Sunčevih zraka, neće moći svojim tijelom posve pokriti daleko Sunce.

Pomrčinu Sunca vide samo stanovnici malog dijela dnevne Zemljine polutke. Stožac Mjesečeve sjene nije tako dug ni prostran da bi mogao pokriti znatniju površinu. Sjena pokriva kojih stotinjak kilometara i kreće se nadzvučnom brzinom, pa potpuna pomrčina traje samo nekoliko minuta. No zato ostavlja i te kakav dojam! Na



Sl. 11. Djelomicna, potpuna (totalna) i prstenasta Sunceva pomrcina

početku, svjetlost Sunca slabi, ali sporo, dok odjednom sva atmosfera ne zapadne u duboki sumrak. Životinje utihnu, kokoši pođu spavati, zrak zahladi i osjeti se vjetar. Oko kruga koji pokriva mračna strana Mjeseca, pojavi se slabašna svjetlost korone, visoke Sunčeve atmosfere koju inače ne vidimo.

Važno: Samo u trenutku potpune pomrcine smije se izravno gledati u Sunce.

Faze djelomične pomrčine mogu se promatrati pomoću zaštitne maske koju primjerice koriste zavarivači, ili pojekcijom slike Sunca. Projekcija se dobiva pomoću tamne komore (vrlo malog otvora u zaslonu) ili uz pomoć teleskopa.

Popis pomrčina Mjeseca i Sunca od kraja 1997. do 2005. god. dan je u sljedećoj tablici.

POMRČINE DO GODINE 2005.

Za one pomrčine koje se mogu vidjeti iz Europe, zapisano je vrijeme (2.20 znači 2 sata i 20 minuta) kada je pomrčina najjača (srednjeeuropsko vrijeme).

POMRČINE MJESECA

1997.

16. rujna (potpuna)
vidi se iz Europe (19.47)

1998.

1999.

28. srpnja (djelomična)
ne vidi se iz Europe

POMRČINE SUNCA

2. rujna (djelomična)
ne vidi se iz Europe

26. veljače (potpuna)
ne vidi se iz Europe

22. kolovoza (prstenasta)

16. veljače (prstenasta)
ne vidi se iz Europe

11. kolovoza (totalna)
vidi se iz srednje Europe,
nama najbliže na Balatonu
(12.04)

POMRČINE MJESECA

2000.

21. siječnja (potpuna)
vidi se iz Europe (5.47)

16. srpnja (potpuna)
ne vidi se iz Europe

2001.

9. siječnja (potpuna)
vidi se iz Europe (21.21)

5. srpnja (djelomična)
ne vidi se iz Europe

2002.

2003.

16. svibnja (potpuna)
vidi se iz Europe (4.43)

9. studenog (potpuna)
vidi se iz Europe (2.20)

2004.

4. svibnja (potpuna)
vidi se iz Europe (21.30)

28. listopada (potpuna)
vidi se iz Europe (4.05)

2005.

17. listopada (djelomična)
ne vidi se iz Europe

POMRČINE SUNCA

5. veljače (djelomična)
ne vidi se iz Europe

1. srpnja (djelomična)
ne vidi se iz Europe

31. srpnja (djelomična)
ne vidi se iz Europe

25. prosinca (djelomična)
ne vidi se iz Europe

21. lipnja (potpuna)
ne vidi se iz Europe

14. prosinca (prstenasta)
ne vidi se iz Europe

11. lipnja (prstenasta)
ne vidi se iz Europe

4. prosinca (potpuna)
ne vidi se iz Europe

31. svibnja (djelomična)
sjeverna polutka (5.10)

23. studenog (potpuna)
ne vidi se iz Europe

19. travnja (djelomična)
ne vidi se iz Europe

14. listopada (djelomična)
ne vidi se iz Europe

8. travnja (prstenasto-potpuna)
ne vidi se iz Europe

3. listopada (prstenasta)
vidi se iz Europe (11.28)

Razmotri:

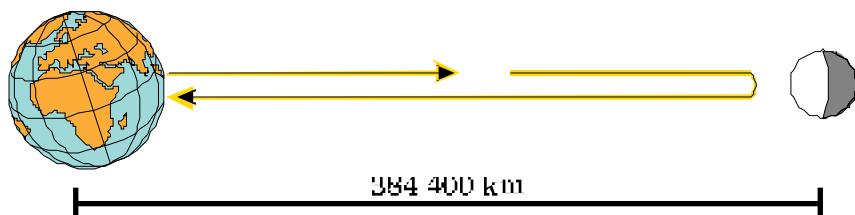
1. Zašto je Mjesečeva pomrčina katkada potpuna, a kada djelomična?
2. S koje se polutke na Zemlji može promatrati pomrčina Mjeseca?
3. Kako bismo vidjeli Sunce da se nalazimo na Mjesečevoj površini u području polusjene?

4. Kako to da je pomračena Mjesečeva površina zagasito-crvenkaste nijanse?
5. Nacrtaj, kakav bi oblik imala sjena na Mjesecu da je Zemlja oblika kocke.
6. Kako bi se morala tijela rasporediti da dođe do prstenaste pomrčine Mjeseca?
7. Vidi li se pomrčina Sunca s cijele dnevne Zemljine polutke?
8. Kako se smije promatrati pomrčina Sunca?

Kako se mjeri udaljenost Mjeseca

Možda nam se čini da se udaljenost mjeri samo pomoću ravnala i dugačkih mjernih traka. Ali to nije tako. Da se odredi udaljenost Mjeseca ne treba putovati do tamo i protegnuti mjernu traku do Mjeseca. Uvjerimo se!

U načelu, najjednostavnije je poslužiti se radarom. To je uređaj koji odašilje nizove kratkotrajnih signala radio-valova koji se odbijaju od predmeta. Vrijeme povrata ovisi o ukupnoj udaljenosti koju signali prijeđu. Radar je odavno u potrebi u saobraćaju, a iskorišten je i u astronomiji. Osim radio-valova, mogu se koristiti i impulsi laserske svjetlosti. I radio-valovi i svjetlost odbijaju se od Mjesečeve površine pa se vraćaju.



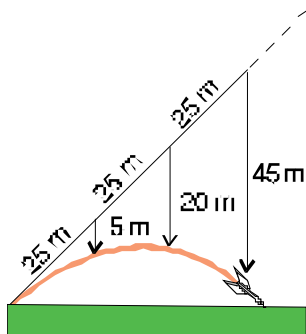
Sl. 12.

Vrijeme povrata je tim duže što je udaljenost veća. Odbijena od Mjeseca, svjetlost se vraća za 2,56 s. Odbijanje radiovalova od nekih planeta traži više vremena. Odjek od Jupitera treba čekati duže od jednog sata.

Postoje i drugi načini mjerenja udaljenosti, a o tome više kasnije, s više računa!

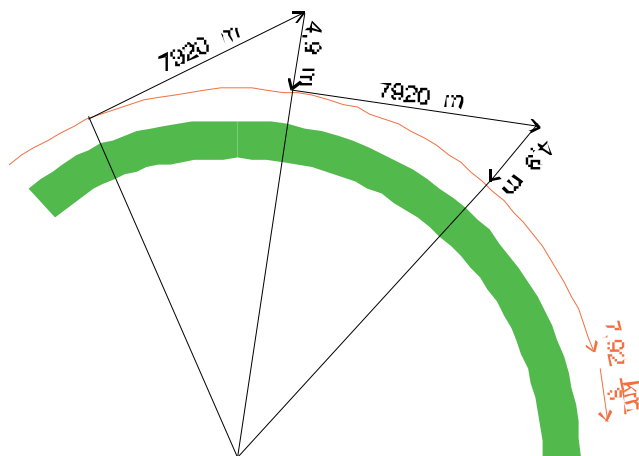
Zašto Mjesec ne padne na Zemlju

Bacimo uvis jabuku. Umjesto da ostane visjeti u zraku, jabuka se vraća na tlo. Bacimo kamen, koplje, bilo koju stvar, dešava se isto. Zemlja privlači stvari i one nam se vraćaju. Ali ne baš sve stvari: ako se raketa pošalje s pravom brzinom, više se ne vraća! Uz Mjesec, oko Zemlje kruži mnogo umjetnih satelita. Sve njih Zemlja privlači, pa ipak ne padnu na Zemlju.



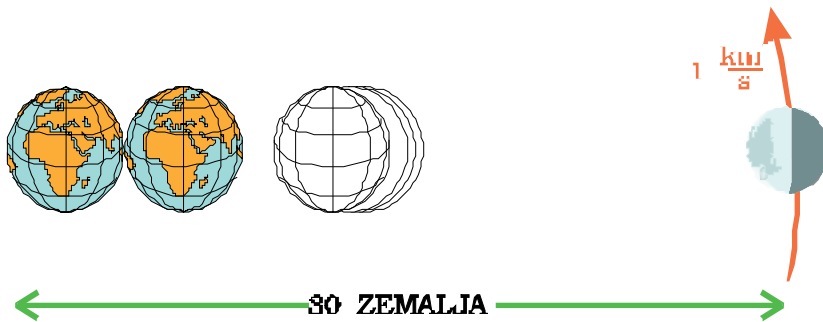
Sl. 13.

Da bi postalo "pravi satelit", tijelo se sa Zemlje mora uputiti brzinom od 7,9 km/s. Tada se može uputiti usporedno s tlom. U prvoj sekundi leta tijelo pređe u pravcu 7,9 km ali istodobno padne 5 m. I sljedeće sekunde tijelo bi prešlo u pravcu još 7,9 km da usput ne mora pasti opet za 5 m. I tako umjesto da se kreće po pravcu, zbog Zemljine privlačnosti (gravitacije), ono stiže na kružnicu pa nikako da padne na tlo!



Sl. 14.

I Mjesec i sva tijela "padaju" prema Zemlji zbog uzajamnog privlačenja, ali da li će uistinu pasti, ovisi o tome kako su "odbačeni" ili bolje rečeno, kojom se brzinom i u kojem smjeru gibaju.



Sl. 15.

Mjesec, koji je od Zemlje udaljen njezinih 30 promjera, giba se razmjerno sporo, svega s brzinom od 1 km/s. Udaljeniji pratilac gibao bi se još sporije.

Razmotri:

1. Ovisi li brzina gibanja satelita o udaljenosti od Zemlje? Potvrdi primjerom!

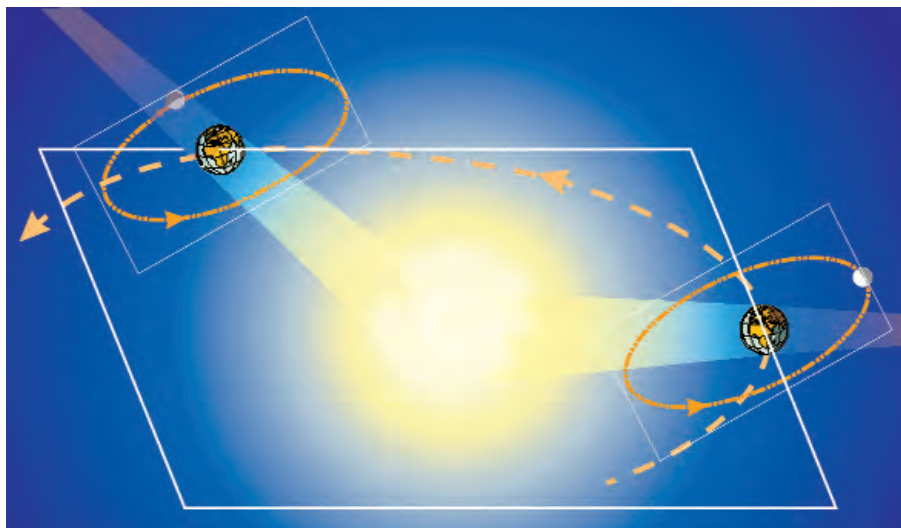
Gibanje Mjeseca u Sunčevom sustavu

Mjesec, Zemlja i Sunce povezani su međusobnom privlačnom silom. Gibaju se zajedno u svemirskom prostoru, veoma daleko od zvijezda. Mjesec je manji od Zemlje i manje je mase: Zemljina je masa 81 puta veća od Mjesečeve mase. Zato kažemo da se Mjesec giba oko Zemlje a ne obratno. No njih dvoje zajedno obilaze oko Sunca. Sunce je najveće mase, mnogo puta veće od svih planeta zajedno.

Kada bismo promatrali sa zvijezda, vidjeli bismo da Mjesecu za obilazak oko Zemlje treba nešto više od 27,3 dana, točnije 27 d 7 h 43 min 11 s. To vrijeme obilaženja zovemo **sidernim mjesecom**. Siderički je mjesec kraći od sinodičkog mjeseca (perioda ponavljanja faza) koji traje 29,5 dana. Razlika sinodičkog i sideričkog mjeseca nastaje zato što se Zemlja zajedno s Mjesecom giba oko Sunca, pa dok se sve faze izmijene, promijeni se i položaj prema zvijezdama.

Kako se Mjesec giba oko Zemlje? Astronomi su stoljećima bilježili Mjesečev put među zvijezdama i ustanovili da je njegova staza oko Zemlje nagnuta prema stazi Zemlje oko Sunca za otprilike 5° . Vidimo Mjesečevu stazu na slici 16. u dva položaja. U jednom

položaju Zemljina sjena ne dira njegovu stazu, a u drugom položaju dira.



Sl. 16. Položaj Mjeseceve staze u prostoru

Sada znamo zašto Mjesec pri svakom svom obilasku oko Zemlje ne ulazi u njezinu sjenu: ravnina u kojoj se Mjesec kreće, ukošena je prema smjeru u kojem je sjena. Sjena je u ravnini Sunce-Zemlja. Mjesec je stoga katkada malo iznad sjene, malo ispod sjene. U godini nema toliko pomrčina koliko ima punih Mjeseca!

Gibanje Zemlje oko Sunca odražava se u vidljivom gibanju Sunca među zvijezdama. Sunčeva se staza zove ekliptikom. Mjesečeva staza među zvijezdama ne podudara se s ekliptikom, već ide dijelom južnije, dijelom sjevernije od nje.

Razmotri:

1. Zašto do pomrčine Mjeseca ili Sunca ne dolazi tijekom svakog Mjesečeva obilaska oko Zemlje?
2. Koje vrijeme zovemo zvjezdanim ili sideričkim mjesecom?
3. Što je ekliptika, a što ravnina ekliptike?



PROJEKT 3.
(str. 38.)

Određivanje Mjesečeve staze među zvijezdama.

Istraživanje Mjesečeve površine

Mjesec ima mnogo planina i velikih ravnica. Čovjek se i na njemu osjeća malen. Visine Mjesečevih planina dosežu do pet kilometara, a ravnice se protežu tisućama kilometara.

Velike tamne ravnice prozване su "morima" jer su prvi opažači Mjeseca zaista smatrali da su ispunjena vodom koja zapljuskuju rubne planine kao svoje obale. No kasnije su shvatili da Mjesec ne može imati vode, zato što nema atmosferu. Nema oblaka, nema vjetrova, nema kiše - što je znak da nema vlage. Mjesec nema nikakav omotač koji bi ga štiti. Sunčeve ga zrake danju žare i pale, pa bi se sva voda brzo isparila. Paru bismo vidjeli da je ima.



Sl. 17. Snimka Mjeseca prije faze ustapa

Unutar kratera javljaju se središnje uzvisine. Oko nekih kratera uokolo šire se bijeli obrubi, ili svijetle zrake nalik onima koje nastaju pri razbijanju stakla. U tlu mora šire se blago valoviti hrptovi. Po cijeloj površini ima raspuklina i rasjeda, te vijugavih kanala kojima je tekla vulkanska magma.

A kako je kretati se po Mjeseću? Lako - čovjek tamo teži šesti dio od svoje težine na Zemlji. Prvi ljudi stigli su na Mjesec 20. srpnja 1969. brodom "Apollo 11". Bili su to N. Armstrong i E. Aldrin dok ih je u stazi oko Mjeseca nadgledao M. Collins. Astro-nauti su se kretali po tlu prekrivenom slojem prašine debelim nekoliko centimetara.

Mjesec je pustodolina, suha i bezvodna pustinja. Bez biljnog pokrova je, nikamo čovjek da se skloni. Krajolik poremećuju samo rijetki padovi meteorita.

Zvijezde sjaje na posve crnom nebu, bez treperenja, bez obzi-

ra da li je Sunce nad horizontom ili je noć. Budući da nema zraka, nema ni nebeskog plavetnila. Sunce prži kroz zrakoprazan prostor. Temperatura tla se kreće od -200°C do $+100^{\circ}\text{C}$.

Usred podneva sve naokolo bliješti. Kada se Sunce približi horizontu, okolinu kao da prekrije smeđi baršunasti pokrov. Prije noći sve postane bljedunjavo-zelenkasto, a kažu da se tada lako zaluta. Putnik nije u stanju procijeniti razdaljine. Daleko brdo čini se nadomak ruke. Noću Zemlja sjaji stotinu puta više od punog Mjeseca.

Astronauti su poduzimali ekspedicije iz svojih postaja na Mjesecu i služili se vozilima.

Istraživani su uzorci Mjesečeva tla, ispitivani minerali, ostaci



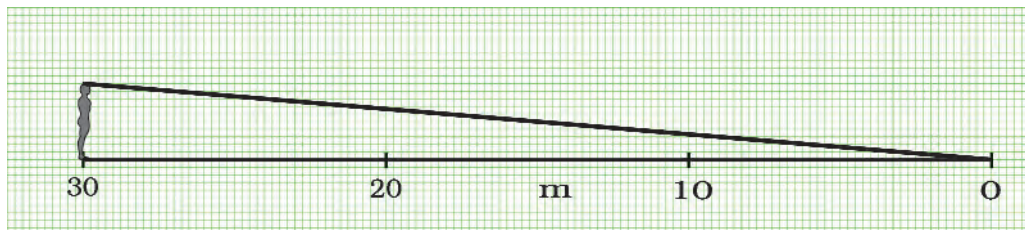
Sl. 18. Astronaut s Apolla 17 uzima uzorke Mjesečevog kamenja (1972.)

vulkanske djelatnosti, starost slojeva, ponašanje materijala u uvjetima velikih promjena temperature. Bilježeni su Mjesečevi potresi, magnetsko polje, Sunčeva zračenja. Primijećeni su potresi tla nakon što je na Mjesec pao neki meteorit, ili odbačena raketa - tlo se treslo još nekoliko sati! To je svjedočilo da je veći dio unutrašnjosti Mjeseca čvrst, a ne rastaljen. Površina je izgrađena od stjenovita materijala.

PROJEKT 4. Opazanje Mjeseca. Fizička priroda Mjeseca.
(str. 40.)



6. Sa Zemlje je na Mjesec upućen laserski signal koji se vratio nakon 2,64 s. Koliko je u tom trenutku površina Mjeseca bila udaljena od lasera?
7. Odredi približnu visinu čovjeka predčenog na slici!

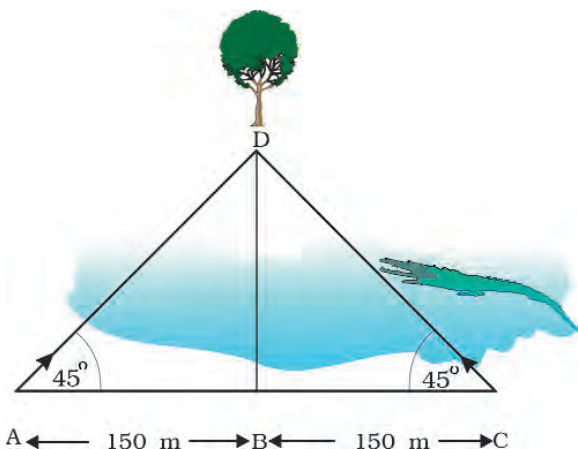


Sl. 26.

Uputa: Možeš riješiti tako da najprije ravnalom odrediš koliko milimetara na crtežu odgovara jednom metru u stvarnosti.

8. Drvo se nalazi na suprotnoj strani rijeke kojom plivaju krokodili. Na ovoj strani rijeke možeš slobodno mjeriti podatke o trokutu ACD. Ustanovio si da su oba kuta trokuta jednaka 45° .

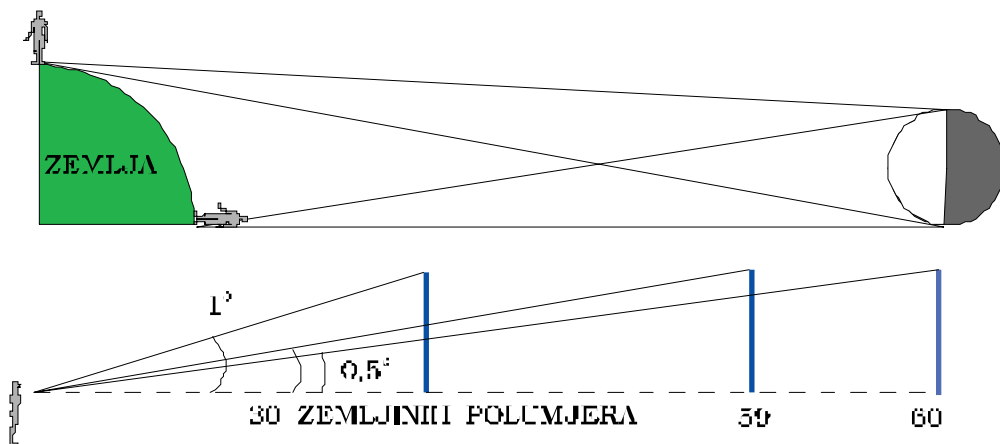
Odredi udaljenost drveta od točke B posluživši se mjerenjem dužine AC!



Sl. 27.

9. Postoji jedno veoma jednostavno opažanje: treba Mjesec promatrati kada je u zenitu, i kada je na horizontu. Pogled na sliku uvjerava nas da smo u prvom slučaju bliže Mjesecu nego u drugom slučaju, bliže za jedan Zemljin polumjer. Kada bi nam se Mjesec približio na 30 Zemljinih polumjera, vidjeli bismo ga pod kutom od 1° , a kad bi bio 60 polumjera daleko, vidjeli bismo ga pod dva puta manjim kutom tj. $0,5^\circ$.

Svaki nam se predmet čini otprilike onoliko puta manji, koliko je puta dalje od nas. U stvarnosti, Mjesec opažan u horizontu i pri zenitu vidi se pod kutovima koji se odnose kao 60 prema 59. Dakle, kad ga opažamo na horizontu čini nam se za jednu šezdesetinu manji nego pri zenitu. Odredi koliko je Zemljinih polumjera udaljen Mjesec!



Sl. 28.

10. Težište dvojnog sustava razmjerno je bliže onom tijelu koje je veće mase. Koliko je puta težište sustava Zemlja-Mjesec bliže Zemlji?
11. Jedan dječak teži na površini Zemlje 180 N. Koliko je težak na Mjesecu?

Praktični radovi

Crtanje mjeseca.

Projekt 1.

- a) Praćenje faza i obrisa golim okom
- b) Crtanje pojava na površini uz pomoć dalekozora

Pripremimo obrazac:

Bilježi se granica svjetlosti i tame (sumračnica). Ucrtavaju se

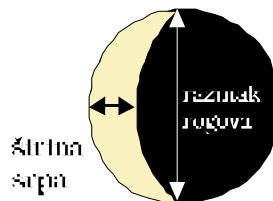
Opažačevo ime i prezime:

Datum:

Vrijeme:

(prostor za crteže)

$$\text{Faza} = \frac{\text{širina srpa}}{\text{razmak rogova}}$$



Sl. 29.

tamnija mjesta (mora). Procjenjuje se širina srpa i razmak rogova, čiji omjer određuje brojčanu vrijednost faze. Promatrajući dalekozorom, treba uočiti veće kratere i opće značajke reljefa koje se daju opisati jednostavnim riječima.

Crtež se uspoređuje sa slikama i kartama vidljive strane Mjeseca. Uspoređuju se bilješke više opažaća i raspravlja se o nađenom. Osim analize reljefa, treba odrediti vrijeme između dviju jednakih faza uzastopce, tj. trajanje sinodičkog mjeseca. Odredi li se nastup prepoznate faze početkom školske godine, tada valja izračunati nastupe iste faze do kraja školske godine, zatim to treba i provjeriti.

Projekt 2. **Orijentacija po Mjesecu (smjer, vrijeme).**

Projekt se sastoji u nalaženju pravila i njihovoj praktičnoj provjeri. Treba utvrditi doba dana kada je Mjesec na istoku, jugu i zapadu ako je u prvoj četvrti, uštapu, ili u posljednjoj četvrti. Za nalaženje pravila koristimo slike 5. a), b), c), d). Rezultat upisujemo u tablicu:

	ISTOK	JUG	ZAPAD
PRVA ČETVRT		18 h	
UŠTAP			
DRUGA ČETVRT			

pouku, uvršteno je jedno pravilo.

Z a

Projekt 3. **Određivanje Mjesečeve staze među zvijezdama.**

POSTUPAK: Uzmi križnu palicu (vidi Dodatak), kartu zvjezdanog neba i šestar.

Mjere se kutovi između Mjeseca i sjajnijih zvijezda. Svaki položaj Mjeseca određuje se mjerenjem kutova do triju zvijezda. Položaj se određuje na presjecištu kružnica čiji je polumjer jednak kutnoj udaljenosti do zvijezda (vidi sliku 30).

Pripremimo obrazac:

Datum:

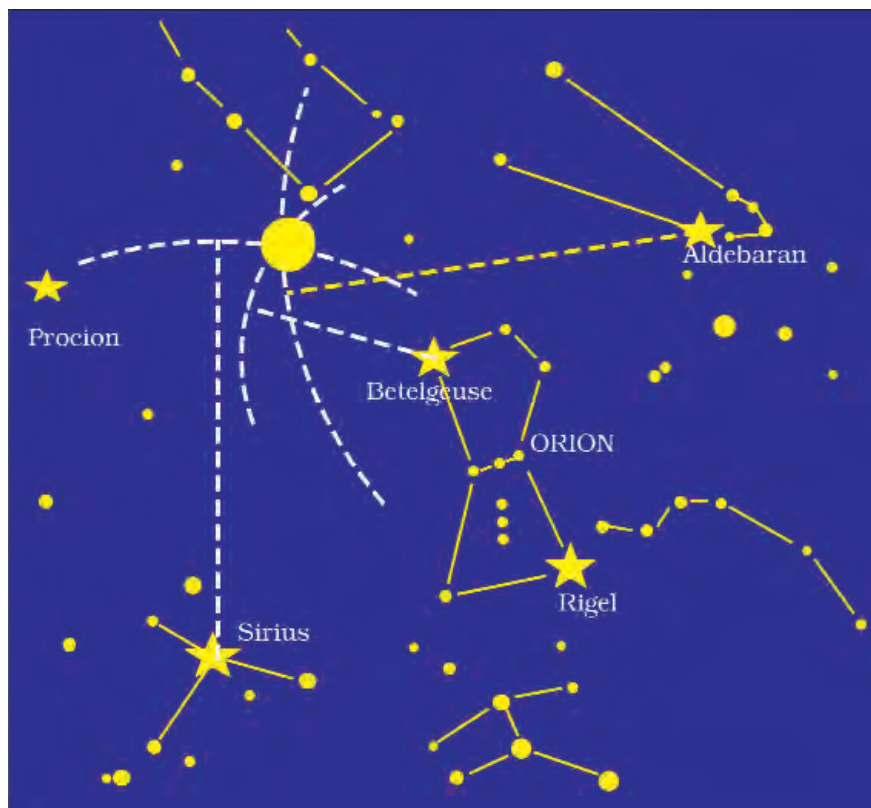
Datum:

Vrijeme:

Vrijeme:

zvijezda	udaljenost
Aldebaran	

zvijezda	udaljenost
Aldebaran	



Sl. 30. Određivanje položaja Mjeseca na karti neba pomocu sestara

Nadene položaje Mjeseca ucrtaj u zvjezdanu kartu! Provjeri, koliko se stupnjeva Mjesec otkloni od ekliptike, koliko vremena boravi na južnoj strani od ekliptike, koliko na sjevernoj strani.

Projekt 3. Opažanje Mjeseca. Fizička priroda Mjeseca.

Okreni se prema jugu i promatraj Mjesec. Orijentiraj strane Mjeseca. Na slici 31. sjever je gore, zapad desno.



Sl. 31.

Ova slika poslužit će za prepoznavanje Mjesečeva reljefa. Tamnija su “mora”, koja većinom čine velike kružne doline. Lijepo se vidi More kiša, More vedrine, More tišine, More plodnosti i More kriza. Malo se More kriza uočava zbog svoje oštrote i prostim okom kao tamna mrlja na zapadnom rubu Mjesečeve ploče.

Ocean oluja nije oštro omeđen. Pokušajmo uočiti i neke kratere, prstenaste planine, čiji se promjeri kreću oko 100 km.

Zapazi i zapamti raspored većih mora na Mjesecu.

Uoči krater Tycho, oivičen zrakama. Najlakše se vidi za punog Mjeseca.

Promatrajući s dalekozorom, ustanovi da li se Mjesec vidi kao na slici ili je obrnut (sjeverni rub dolje, južni gore).

Urtaj položaj svih kratera koje vidiš.

Usporedi s mapom Mjeseca.

POPIS HRVATSKIH I IZVORNIH IMENA NEKIH POJAVA NA MJESECU

MORA

Ocean oluja	Oceanus Procellarum
More kiša	Mare Imbrium
More hladnoće	Mare Frigoris
More vedrine	Mare Serenitatis
More tišine	Mare Tranquillitatis
More plodnosti	Mare Foecunditatis
More kriza	Mare Crisium
More nektara	Mare Nectaris
More oblaka	Mare Nubium
More vlažnosti	Mare Humorurum
Zaljev duga	Sinus Iridum

KRATERI

Tycho	Tycho
Kopernik	Copernicus
Kepler	Kepler
Grimaldi	Grimaldi
Aristarh	Aristarchus
Platon	Plato
Langren	Langrenus
Klavije	Clavius
Aristotel	Aristoteles
Bošković	Boscovich

PLANINE

Alpe	Montes Alpes
Apenini	Montes Apenninus
Karpati	Montes Carpatus
Kavkaz	Montes Caucasus
Kordiljeri	Montes Cordillera

Odgovori na pitanja

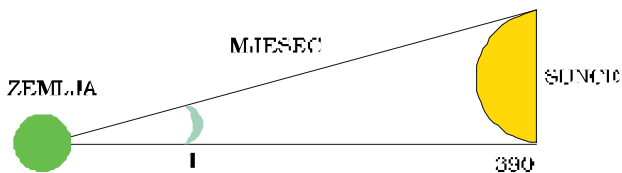
1. Zato što se Zemlja vrti oko svoje osi - okrene se jednom na dan. Mjesec putuje nebom i zato što je naš prirodni satelit.
2. U našim krajevima (nalazimo se na pola puta između ekvatora i Sjevernog pola) Mjesec gledamo od istočnog preko južnog do zapadnog dijela obzorja.
3. Uštap je jedna Mjesečeva mijena, za koju još postoji naziv: pun Mjesec. Vidimo ga cijela osvijetljena jer se nalazi sa suprotne strane od Sunca.
4. Mjesec pokazuje mijene jer obilazi oko Zemlje pa mu s različitih strana vidimo Suncem osvijetljenu i tamnu polovicu.
5. Između dvije jednake mijene prolazi tzv. sinodički mjesec koji traje 29,5 dana. Kalendarski mjeseci se razlikuju i imaju 28 do 31 dan.
6. Mjesečeva tamna strana ne može biti okrenuta prema Suncu.
7. Mladi Mjesec je tanak srp koji je osvijetljen izravno sa Sunčeve strane, dok je stari Mjesec površina Mjeseca koju posredno osvjetljava svjetlost odbijena od Zemlje.
8. Od zapada prema istoku. Na istočnom se horizontu pojavljuje sve kasnije te u odnosu na zvijezde zaostane gotovo za cio sat.
9. Mjesec obide oko Zemlje od zapada prema istoku jednom u mjesec dana, pa svaki dan prelazi trideseti dio zvjezdanog neba. Stoga svakog dana kasni nešto manje od 1 sata, pa će sljedećeg dana zaći malo prije 22 h.
10. Odgovor na ovo pitanje nije lak, jer izravno ne vidimo zvijezde kraj kojih se giba Sunce. Osim toga u Sunce ne smijemo ni gledati. U odjeljku o Mjesečevim gibanjima prikazano je da je Mjesečeva staza ukošena prema stazi kojom se giba Zemlja, pa će na nebu staze Sunca i Mjeseca biti različite.
11. Kako se sve faze izmijene u 29 dana, Mjesec se u to vrijeme okrene oko osi obzirom na Sunce, pa se to vrijeme može nazvati Mjesečevim danom. Polovicu od tog vremena traje obdanica, polovicu noć.
12. Jedan učenik je ovako odgovorio: "Kada Mjesec raste, odmiče se od Sunca na istok. Mjesec se vidi da opada onda kada je Sunce već zašlo. U padajućim fazama Mjesec se može vidjeti ili rano ujutro - kada još spavam - ili po danu. Ali tko po danu gleda u Mjesec?! Zato češće vidim Mjesec dok raste."
Da li se slažeš s odgovorom? Kakvo je tvoje iskustvo?
13. Sa Zemljine noćne polutke.
14. Sunčeva svjetlost raspršuje se u Zemljinoj atmosferi, pa skreće i ulazi u Zemljinu geometrijsku sjenu.
15. Zemljina atmosfera mnogo jače raspršuje modru svjetlost nego crvenu, pa u svjetlosti koja skreće iza Zemlje preostaje više crvene svjetlosti.
16. Vidio bi se dio Sunca (imali bismo djelomičnu pomrčinu Sunca).

17. Može trajati sasvim kratko, potpuna pomrčina može trajati više od sata, a ukoliko pratimo kada je prvi komadićak Mjeseca ušao u sjenu pa sve dok posljednji djelić izađe, može to potrajati i 3,5 sata.
18. Sjena bi imala uglove.
19. Do pomrčine Mjeseca ne dolazi pri svakom njegovom ophodu jer se oko Zemlje ne giba u ravnini u kojoj se pruža Zemljina sjena.
20. Zemlja bi bila "puna", uštap.
21. Bliži nam je kada je visoko iznad horizonta, jer smo mi onda na dijelu Zemlje istaknutom bliže Mjesecu.
22. Vidljivi promjer Mjeseca iznosi oko 3500 km (točnije, 3476 km). Istraživanjima sa svemirskih brodova ustanovljeno je da je Mjesec jajolik, mešto malo izdužen u smjeru prema Zemlji i od Zemlje.
23. Zato što je Mjesec mnogo manje mase.
24. Zbog male mase i privlačne sile, Mjesec ne može zadržati brze molekule zraka. A kada nema zraka, sva se voda lako ispari.
25. Mjesečeva površina ima bogat reljef s kraterima, planinama i morima. Mora su ravnice obrubljene planinama.
26. More kiša, More krize, More vedrine, Ocean oluja. Tycho, Kopernik, Langren, Grimaldi, Bošković.
27. Mjesec je nastao prema teoriji velikog sudara. Tada je jedno manje tijelo iz bližeg dijela Sunčevog planetarnog roja udarilo u površinu Zemlje, te se od ostataka formirao Mjesec. Prema teoriji zahvata, Mjesec je mogao doći od bilo kuda i imati tvari sasvim različite od Zemlje.
28. Na Mjesecu je sila teža slabija nego na Zemlji pa bi se mogli graditi mnogo veći teleskopi. Nadalje, zbog bezzračnog prostora, slika u teleskopu bi bila mnogo mirnija i oštija.

Rješenja zadataka

1. Smjer 1,2,3,4 je smjer suprotan gibanju satne kazaljke. U takvom gibanju, prilikom jednog obilaska Mjesec će se prema Zemlji okrenuti čak dva puta. U obilasku bio bi "dva puta obasjan Zemljom"!
2. Svoj crtež provjeri prema slici 8!
3. 60 Zemljinih polumjera.
4. Mjesec je 3,7 puta manji od Zemlje.
5. Iz razmjera slijedi da je omjer udaljenosti je-dnak omjeru veličina. Sunce je onoliko puta veće od Mjeseca koliko je dalje. Mjesec je dakle oko 400 puta manji od Sunca.

Veličinu Sunca zato računamo ovako:



Sl. 32.

$$3\,500 \text{ km} \cdot 400 = 1\,400\,000 \text{ km.}$$

6. Brzina svjetlosti je 300 000 km/s. Put koji svjetlost prevaljuje dva je puta duži od Mjesečeve udaljenosti:

$$v = \frac{2s}{t}, \quad s = \frac{1}{2} v \cdot t = \frac{1}{2} 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 2,64 \text{ s} = 396\,000 \text{ km.}$$

U trenutku mjerenja, površina Mjeseca bila je od površine Zemlje odmaknuta za 396 000 km. Središta kugli Zemlje i Mjeseca mogu biti udaljeni 356 000 km do 406 000 km jer se Mjesec oko Zemlje giba po malo izduženoj elipsi. Određivanje udaljenosti pomoću laserskog zračenja, najtočniji je postupak određivanja Mjesečeve udaljenosti.

7. Čovjek je visok oko 2 m.
8. Kut trokuta ACD u točki D iznosi 90° (zbroj kutova u trokutu jednak je 180°), a kako je trokut jednakokratan, to je polovica kuta 45° . Stoga je i trokut ABD jednakokratan, pa je dužina BD jednaka AC. Drvo je od točke A udaljeno 150 m.
9. Veličinu Mjeseca vidimo pod veoma malim kutom. Smanjimo li kut dva puta, najmanja stranica u trokutu koja mu je nasuprot, odmaknut će se približno dva puta. Približimo li se Mjesecu za Zemljin polumjer, a kut se poveća za jednu šezdesetinu, znači da je udaljenost Mjeseca 60 puta veća od Zemljina polumjera.
10. Mjesečeva je masa 81 puta manja od Zemljine, pa je stoga i težište 81 puta bliže Zemlji (točnije: centru Zemlje) nego Mjesecu. Slučajno je težište unutar Zemljina oplošja.
11. Teži 6 puta manje: $180 \text{ N} : 6 = 30 \text{ N}$.