

7 Navodila za izvedbo meritev

Astronomija dandanes ni samo znanost ampak tudi priljubljen konjiček. V zadnjem stoletju je tehnologija pripomogla k temu, da lahko vsak posameznik sam opazuje nebesna telesa s pomočjo kvalitetnega teleskopa, ki ga je mogoče kupiti že za nekaj sto evrov. To pa lahko pri posamezniku zbudi še dodatno zanimanje za astronomijo.

Leto 2009 je bilo mednarodno leto astronomije, zato se je v tem letu veliko šol in posameznikov odločilo kupiti astronomsko opremo. Namen je bil predvsem ta, da bi otroke navdušili za astronomijo in jim jo tako približali. Govorim predvsem iz lastnih izkušenj, ki sem jih dobil med pedagoško prakso v času svojega študija. Opazil sem, da je po letu astronomije oprema v mnogih šolah obtičala v kotu. Ali je za to kriva nezainteresiranost otrok ali nevešč učitelj, ne vem, sumim pa, da je obojega malo.

Na praksi sem opazil, da otroke sicer zelo veseli astronomija, vendar jih to veselje tudi hitro mine. Ko se v lepi jasni noči odpravite, da boste otrokom pokazali kakšen planet, meglico ali zvezdno kopico, so vsi navdušeni nad tem, kaj bodo videli, saj imajo v spominu lepe obdelane fotografije, ki ste jim jih pokazali pri pouku ali pa so jih videli v knjigah, revijah, na televiziji. Ko pogledajo skozi teleskop, pa jih večina doživi šok. Interes za astronomijo v trenutku izgine in glavne besede, ki so jih sposobni izgovoriti, so: »Skorajda nič se ne vidi.«, »Tako majhen je planet?«, ... Zdi se mi, da po tem večino otrok zanimanje za astronomijo tudi mine, saj ne dobijo tistega, kar so pričakovali. Mislim, da je bolj pomembno od samega opazovanja nočnega neba in gledanja skozi teleskop to, da otroci sami pridejo do spoznanj, ki jih drugače le slišijo ali preberejo.

Pomembno je, da otrokom poskušamo pokazati, da lahko s pomočjo opazovanj pridejo do rezultatov, ki so primerljivi s splošno znanimi, kljub temu, da so stvari skozi teleskop majhne ali ne čisto kristalne. V ta namen sem pripravil navodila, s katerimi se lahko ponovijo moje meritve, ki sem jih predstavil v diplomski nalogi. Navodila so namenjena tako učiteljem kot tudi otrokom v šoli in upam, da jih bodo spodbudila, da obrišejo prah z astronomske opreme in z njo preučijo nekatera splošno znana dejstva. Seveda ne bo nič narobe, če se bo kakšen posameznik po prebiranju te diplomske naloge odločil, da tudi sam izvede meritve.

7.1 Navodila za določanje sinodske in siderske periode Lune ter ekscentričnosti Luninega tira s fotografiranjem Luninih men

Uvod

Astronomska opazovanja nam omogočajo, da lahko določamo fizikalne lastnosti nebesnih teles (objektov). Luna je Zemljin edini naravni satelit, zato je še posebej zanimiva. En obhod okrog Zemlje glede na zvezde naredi v približno 27,3 dneh. Tej periodi pravimo siderski mesec. Ker pa se Zemlja giblje na svoji orbiti okoli Sonca, je potrebno nekoliko dlje, da Luna kaže enako fazo Zemlji. Temu času pravimo lunacija ali sinodski mesec in v povprečju traja 29,5 dni. Ekscentričnost Lunine orbite je v povprečju 0,0549.

S pomočjo astrofotografije lahko tudi sami določimo sinodsko periodo Lune in tudi ekscentričnost njenega tira. Potrebno je samo v obdobju enega meseca opazovati Luno in jo fotografirati skozi teleskop. Nato lahko s pomočjo računalniških programov iz astrofotografij določimo sinodsko periodo in ekscentričnost Luninega tira.

Pripomočki:

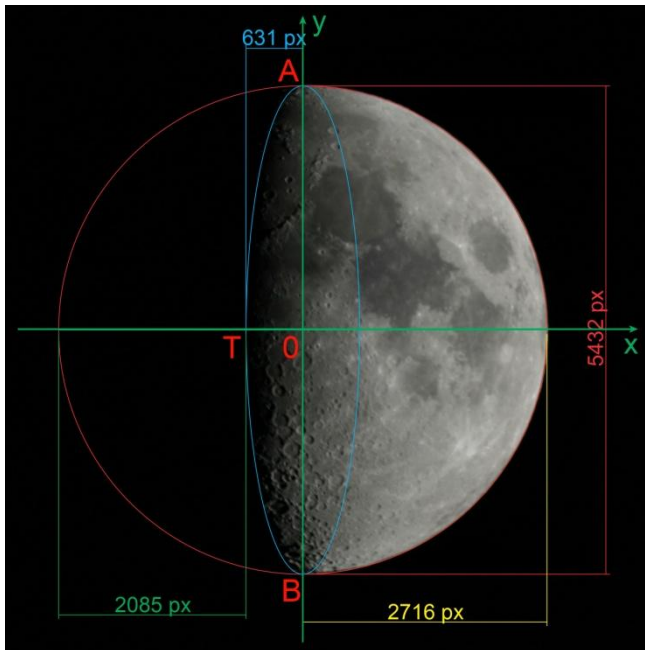
- Beležka
- Svinčnik
- Teleskop ali teleobjektiv
- Montaža
- Digitalni fotoaparatus
- Adapter za pritrditev fotoaparata na teleskop
- Računalniški programi: CorelDraw, Excel, Logger Pro

Navodilo

1. Fotografiranje Lune

Luno fotografiramo skozi teleskop v jasnih nočeh. Če je možno, jo fotografiramo takrat, kadar je najvišje na obzorju, saj se tako izognemo večjemu popačenju zaradi atmosfere. Če smo imeli opremo prej na drugačni temperaturi, kot je zunanja temperatura v času opazovanj, je priporočljivo počakati nekaj časa, da se temperatura opreme izenači s temperaturo okolice. Poskušamo narediti čim bolj ostre slike, saj bomo tako kasneje lažje določili mejo med osvetljenim in temnim delom Lune. To mejo imenujemo terminator. Pazimo tudi, da slike niso ne presvetle ne pretemne, kar nam omogoča spremenljiv čas osvetlitve na fotoaparatu. Pri vsakem opazovanju potrebujemo eno dobro fotografijo Lune za nadaljnjo obdelavo. Zapišemo si tudi datum in čas slikanja, ali pa ga kasneje prepisemo iz lastnosti slike, vendar je potrebno paziti, da smo pred slikanjem nastavili datum in uro na fotoaparatu.

2. Obdelava astrofotografij



Sliko Lune odpremo v programu CorelDraw ali Slikar. Na vsaki sliki moramo izmeriti premer oz. polmer Lune, ter na kakšni razdalji od središča Lune se nahaja terminator. To storimo najlažje tako, da najprej Luni očrtamo krožnico, ki se ji najbolj prilega. Tako dobimo središče Lune, v katerega postavimo koordinatni sistem. V smeri y bomo določili polmer Lune, v smeri x pa kje na osi x se nahaja terminator. Terminator lažje določimo, če si pomagamo tako, da prej narišemo elipso, ki se najbolj prilega meji med osvetljenim in temnim delom Lune. Sedaj lahko s pomočjo orodja za merjenje razdalj v programu izmerimo premer oz. polmer ter na kakšni razdalji

se nahaja terminator na osi x . Razdalje, ki jih merimo, naj bodo v enotah slikovnih elementov (angl. pixel) ali pa slikovnih točk (angl. points), saj so le-te najmanjši delci, ki sestavljajo digitalno sliko. Podatke si sproti zapisujemo v tabelo, najbolje kar v Excelu.

Primer tabele:

Datum Ura	Minuli čas [h]	Slika	$AB = d$ [px]	$OA = R$ [px]	$OT = b$ [px]	b/R
23.9.2012 20:11		IMG_0098	5432	2716	-631	

3. Excel

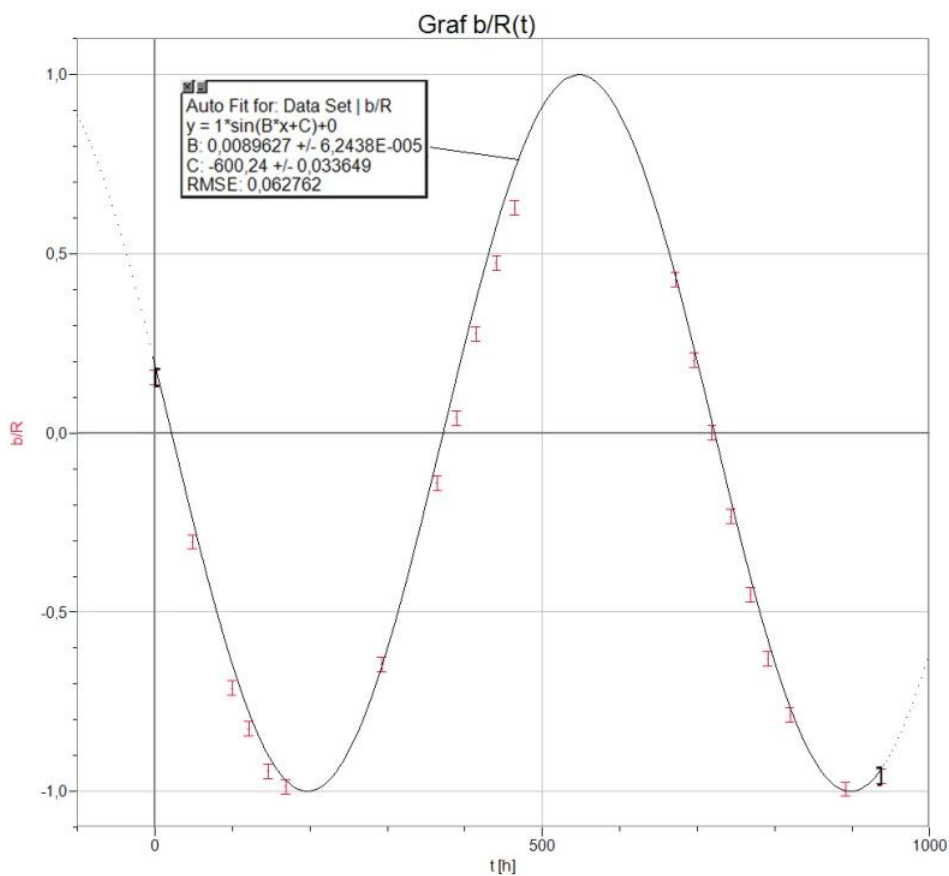
V Excelu nato izračunamo še čas, ki je minil od prvega posnetka, in razmerje b/R .

Primer tabele:

Datum Ura	Minuli čas [h]	Slika	$AB = d$ [px]	$OA = R$ [px]	$OT = b$ [px]	b/R
23.8.2012 20:23	0	IMG_0973	5479	2739	425	0,1551
25.8.2012 21:22	48,983	IMG_1044	5500	2750	-835	-0,3036

4. Logger pro

Ko imamo dovolj astrofotografij Lune, lahko s pomočjo programa Logger Pro ali programa Gnuplot določimo prilagoditveno funkcijo za izmerjene podatke. Na os x vnesemo čas, ki je minil od prve astrofotografije naprej, na y os pa vnesemo razmerje b/R . Ker gre pri določanju terminatorja za projekcijo krožnice pod različnim kotom, ki se spreminja enakomerno s časom, na ravnino slike Lune, nam ta prinese sinus, zato za prilagoditveno funkcijo izberemo funkcijo z enačbo $y = A \cdot \sin(B \cdot t + C) + D$. Parameter A predstavlja amplitudo sinusa, parameter B določa sinodsko periodo, ki je določena kot $2\pi/B$, parameter C določa premik v smeri osi x in parameter D premik v smeri osi y . Izberemo parametra $A = 1$ in $D = 0$. Program nam nariše prilagoditveno funkcijo in določi še parametra B in C .



5. Sinodska perioda Lune

Za nas je predvsem zanimiv parameter B , ki nam določa periodo. Enota parametra B je h^{-1} . Sinodsko periodo izračunamo po enačbi $S_L = \frac{2\pi}{B}$.

6. Siderska perioda Lune

Za izračun siderske periode uporabimo znano zvezo med sidersko in sinodsko periodo $\frac{1}{P_L} = \frac{1}{P_Z} + \frac{1}{S_L}$. P_Z je siderska perioda Zemlje in znaša 365,26 dni. Iz enačbe izpostavimo P_L in izračunamo še sidersko periodo.

7*. Ekscentričnost

V primeru, če uporabljamo vedno enako opremo.

Iz izmerjenega polmera R lahko izračunamo tudi ekscentričnost Luninega tira, saj je navidezna velikost Lune največja, kadar je Luna v perigeju, in najmanjša, kadar je Luna v apogeju. Iz naših podatkov za R izberemo podatka, kjer je R maksimalen in ga označimo s p_p in R minimalen, ki ga označimo s p_a . S pomočjo malce prirejene enačbe za ekscentričnost lahko sedaj izračunamo ekscentričnost Luninega tira : $\varepsilon = \frac{p_p - p_a}{p_p + p_a}$.

Vprašanja

1. Izmerjeni vrednosti sinodske in siderske periode Lune primerjaj s pravo vrednostjo, ki jo pridobiš na spletu.
<http://www.timeanddate.com/calendar/moonphases.html>
2. Primerjaj tudi ekscentričnost Luninega tira s pravo vrednostjo.
3. Poskusi ugotoviti, zakaj se pojavijo razlike tako pri 1. kot pri 2. vprašanju.
4. Kolikšen je kot med Soncem in Luno gledano z Zemlje ob prvem in kolikšen ob zadnjem krajcu?
5. Kako bi določili kot med Soncem in Luno, če je Sonce pod obzorjem?

7.2 Navodila za določanje sinodske in siderske periode Lune ter navidezne hitrosti Lune s križno palico

Uvod

Astronomska opazovanja nam omogočajo, da lahko določamo fizikalne lastnosti nebesnih teles (objektov). Luna je Zemljin edini naravni satelit, zato je še posebej zanimiva. En obhod okrog Zemlje glede na zvezde naredi v približno 27,3 dneh. Tej periodi pravimo siderski mesec. Ker pa se Zemlja giblje na svoji orbiti okoli Sonca, je potrebno nekoliko dlje, da Luna kaže enako fazo Zemlji. Temu času pravimo lunacija ali sinodski mesec in v povprečju traja 29,5 dni.

Križna palica je enostaven astronomski inštrument, ki ga uporabljamo za določanje kotov med nebesnimi telesi. Uporabljali so jo že aleksandrijski astronomi, kasneje pa tudi pomorščaki in ribiči. Danes je ta inštrument uporaben predvsem za hitro določanje kotov med nebesnimi telesi.

S pomočjo križne palice lahko v nekaj zaporednih večerih določimo sidersko periodo Lune, iz katere dobimo tudi sinodsko. Iz dobljenih meritev s križno palico pa lahko tudi določimo navidezno hitrost Lune. Navidezna hitrost Lune je orbitalna hitrost Lune okoli Zemlje.

Pripomočki:

- Beležka
- Svinčnik
- Križna palica
- Ekvatorialna zvezdna karta
- Računalniški programi: Stellarium, Excel, Word

Navodilo

1. Priprava

Najbolje je, da meritve potekajo okoli prvega ali zadnjega krajca, saj je tako lažje določiti sredino Lune, kar nam zagotavlja manjšo napako pri končnih izračunih. Preden se lotimo merjenja kotnih razdalj med Luno in zvezdami, s pomočjo efemerid za ta dan odčitamo lego Lune. V zvezdnem atlasu ali na zvezdni karti poiščemo predel neba, kjer se bo nahajala Luna v času naših meritev. Ta predel neba si prerišemo na list papirja ali pa si ga s pomočjo programa Stellarium natisnemo. Pomembno je, da vsebuje najsvetlejše zvezde, ki nam služijo za orientacijo.

2. Meritve lege Lune

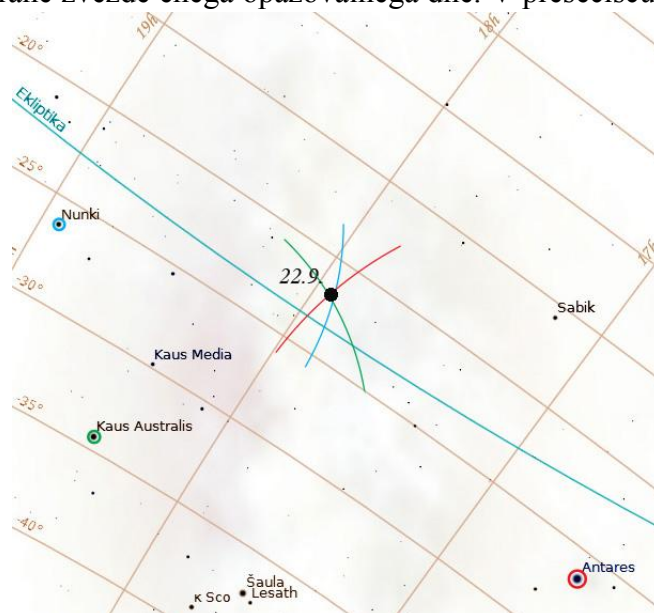
Za določitev lege Lune je potrebno izmeriti kotne razdalje od Lune do zvezd. Za to uporabimo križno palico (za izdelavo in princip merjenja glej Spiko, januar 2002). Vsakokrat ko opazujemo, si izberemo vsaj tri svetle referenčne zvezde, ki naj ne bodo od Lune oddaljene več kot 30° . Kotne razdalje med Luno in zvezdami merimo od sredine Lune, če pa opazujemo ob prvem ali ob zadnjem kraju pa nam je v pomoč terminator, zato merimo od sredine terminatorja do izbrane zvezde. Pomembno je, da meritve opravimo v čim krajšem času in jih vsakokrat zapišemo v beležko. Zapišemo si točen čas opazovanj in kotne oddaljenosti od izbranih zvezd.

Primer tabele:

Dan	Ura	Izbrana zvezda	$\varphi[^\circ]$
20.9.2012	20:45	Antares	9,78
20.9.2012	20:45	Oph	14,94
20.9.2012	20:45	Sabik	18,64
21.9.2012	20:15	Acrab	11,81
21.9.2012	20:15	Dschubba	12,59
21.9.2012	20:15	Kaus Australis	23,10
21.9.2012	20:15	Nunki	28,67

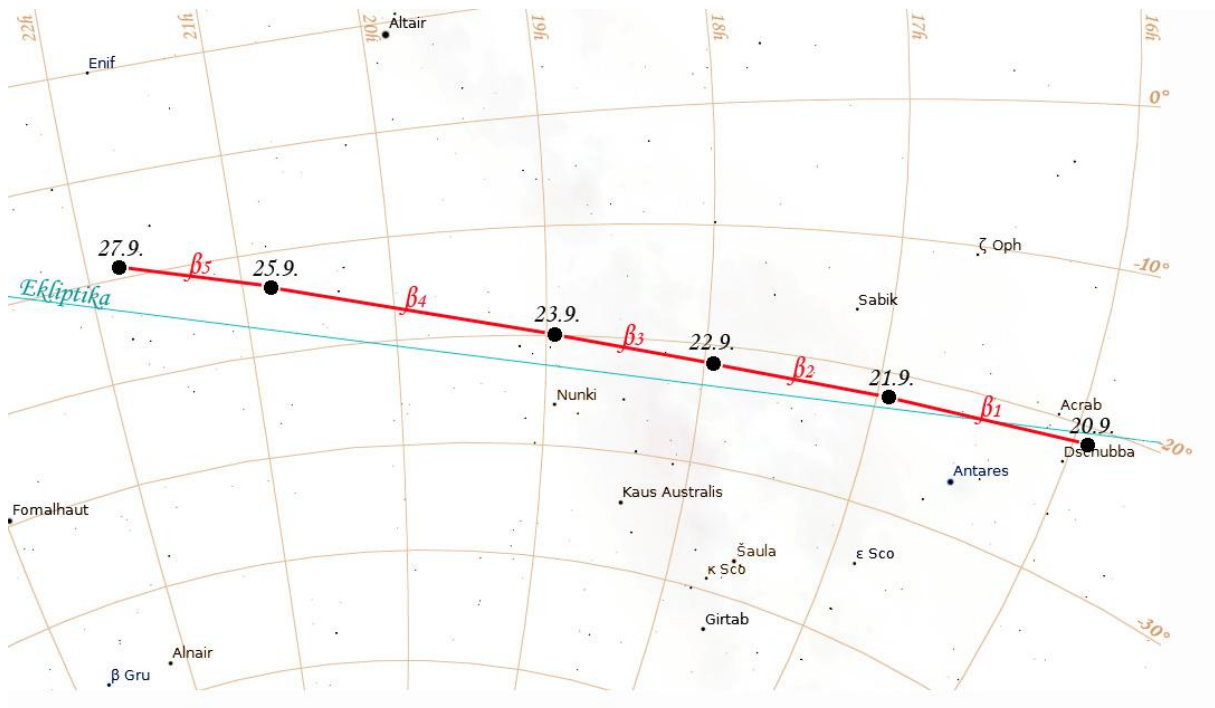
3. Določanje položaja Lune na zvezdni karti

Na prej pripravljeno ekvatorialno zvezdno karto vrišemo lege Lune za dneve našega opazovanja. Če je opazovanj več kot tri, si pomagamo tako, da za ostale meritve vrišemo Luno v novo zvezdno karto, da so meritve natančnejše. Luno vrišemo s pomočjo šestila tako, da na ustreznem merilu s šestilom odmerimo izmerjeno kotno razdaljo od izbrane zvezde, nato pa zapičimo šestilo v izbrano zvezdo na zvezdni karti in narišemo krajše loke. To ponovimo za ostale izbrane zvezde enega opazovalnega dne. V presečišču lokov dobimo lego Lune.



4. Premik Lune glede na zvezde - β

Premik Lune glede na zvezde med dvema opazovalnima dneva lahko določimo na dva načina.



Prvi je ta, da preprosto izmerimo razdaljo med legama Lune za prvi in drugi opazovalni dan ter razdaljo preračunamo v kotne stopinje. Ta način je najenostavnejši, vendar je tudi napaka malenkost večja.

Drugi način je ta, da odčitamo nebesni koordinati lege Lune na zvezdni karti. Koordinati se imenujeta rektascenzija (α) in deklinacija (δ). S pomočjo enačbe izračunamo premik Lune.

$$\cos \beta = \sin(\delta_2) \cdot \sin(\delta_1) + \cos(\delta_2) \cdot \cos(\delta_1) \cdot \cos(\alpha_2 - \alpha_1)$$

5. Siderska perioda

Preden se lotimo računanja siderske periode, je potrebno izračunati še čas, ki je minil med meritvama. Tega lahko izračunamo po enačbi

$$t_0 = 24 \text{ ur} - (t_1 - t_2).$$

t_1 je čas meritve prvega dne, t_2 pa čas meritve drugega dne. Recimo, da smo prvi dan položaj Lune izmerili ob 22:45, drugi dan pa ob 22:30, potem je $t_0 = 24 \text{ ur} - (22:45 - 22:30) = 23 \text{ ur in } 45 \text{ minut}$.

Lahko pa si pomagamo z Excelom ali kakorkoli drugače.

Sedaj imamo vse potrebne podatke za izračun siderske periode Lune. Sidersko periodo izračunamo po enačbi

$$P_L = \frac{2\pi \cdot t}{\beta} .$$

V primeru, da imamo več kot dve meritvi, dobimo več siderskih period Lune. Iz njih lahko potem izračunamo povprečno vrednost, da dobimo povprečno sidersko periodo Lune.

6. Sinodska perioda

Sinodsko periodo Lune izračunamo iz siderske periode s pomočjo zveze med sinodsko in sidersko periodo. P_Z je siderska perioda Zemlje in znaša 365,26 dni.

$$S = \frac{P_Z \cdot P_L}{P_Z - P_L}$$

7. Navidezna ali orbitalna hitrost Lune

Da bi izračunali navidezno hitrost Lune, potrebujemo še razdaljo D , na kateri se je nahajala Luna med našimi opazovanji. To pridobimo s pomočjo spleta, kjer pogledamo, na kakšni oddaljenosti je bila Luna od Zemlje v času naših opazovanj.

<http://www.jgiesen.de/moondistance/index.htm>

Najprej izračunamo kotno hitrost Lune po enačbi $\omega = \frac{\beta}{\Delta t}$.

Iz kotne hitrosti pa lahko izračunamo navidezno hitrost Lune po enačbi $v_n = \omega \cdot D$.

Spet velja da, če imamo več meritev, na koncu izračunamo povprečno navidezno hitrost.

Vprašanja

1. Izmerjeni vrednosti sinodske in siderske periode Lune primerjaj s pravo vrednostjo, ki jo pridobiš na spletu.
<http://www.timeanddate.com/calendar/moonphases.html>
2. Primerjaj tudi navidezno hitrost Lune s pravo vrednostjo.
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html>
3. Poskusi ugotoviti, zakaj se pojavijo razlike tako pri 1. kot pri 2. vprašanju.
4. Ali je Luna ob isti fazi tudi v isti legi glede na zvezde?
5. Kolikšen je kot med Soncem in Luno, gledano z Zemlje ob prvem in kolikšen ob zadnjem krajcu?
6. Kako bi določili kot med Soncem in Luno, če je Sonce pod obzorjem?