

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**ЦЕНТРАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ**  
**XI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ**  
**<http://astro-olymp.org>**

**III кръг**  
**10 май 2008 г.**

*Ученици от 7-8 клас*

**1 задача.** Докато пътешестват по екватора на Луната, Ян Бибиан и дяволчето Фют от задачата за II кръг на олимпиадата намират изоставен луноход. Те с радост се качват на него и го подкарват със скорост 10 км/час. Луноходът има електродвигател, който се захранва със слънчеви батерии. Ще могат ли с него двамата герои да извършат пълно “окололунно” пътешествие по екватора?

**Решение:**

Както вече се убедихме от решението на задачата за II кръг, терминаторът на Луната се движи по екватора със скорост  $v = 2\pi R / T$ , където  $T$  е синодичният период на Луната, а  $R$  е нейният радиус.

$$v \approx 15.4 \text{ км/час}$$

Тъй като Луната се върти около своята ос от запад на изток, терминаторът се движи по лунната повърхност в обратната посока – от изток на запад. Луноходът се движи по-бавно, със скорост  $v_l \approx 10$  км/час. Понеже той се захранва със слънчеви батерии, въпросът е ще може ли да извърши пълна обиколка по лунния екватор, оставайки през цялото време в осветената от Слънцето част на Луната. За да стане това, луноходът трябва да тръгне в момента на изгрева на Слънцето и да се движи също от изток на запад. Точката от екватора, където в даден момент се наблюдава изгрев на Слънцето, ще се движи на запад със скорост  $v$  и ще “избързва” от лунохода с относителна скорост  $v - v_l$ . Със същата относителна скорост към лунохода ще се приближава точката, където Слънцето залязва. Слънчевите батерии на лунохода ще могат да работят, докато той бъде “застигнат” от точката на залеза на Слънцето, отстояща на половин обиколка по лунния екватор от точката на изгрева. Това ще стане след време:

$$t = \pi R / (v - v_l)$$
$$t \approx 1011 \text{ часа}$$

За толкова време луноходът ще може да измине по лунната повърхност разстояние

$$l = vt \approx 10110 \text{ км}$$

Обиколката на Луната по екватора е  $L = 2\pi R \approx 10915$  км. Тъй като  $L > l$ , то за съжаление окололунното пътешествие с този луноход няма да може да се осъществи наведнъж, без прекъсване по време на лунната нощ.

**2 задача.** Два астероида се движат по кръгови орбити около Слънцето. Орбитите лежат в плоскостта на еклиптиката. Към всеки от астероидите се монтира слънчево платно. Под действие на светлинното налягане на слънчевите лъчи, което се упражнява върху платната, и двата астероида започват бавно да се отдалечават от Слънцето по спираловидни траектории. При това синодичният период на единия астероид започва да нараства, а на другия – да намалява. Може ли при някой от тези астероиди в бъдеще да възникне опасност от сблъскване със Земята?

**Решение:**

Нека разгледаме случая на астероид, чиято орбита първоначално е вътрешна за земната орбита. Ако неговият сидеричен период на обикаляне около Слънцето е  $T$ , а орбиталният период на Земята е  $T_o$ , то за синодичния период  $T'$  на астероида можем да напишем:

$$\begin{aligned} 1/T' &= 1/T - 1/T_o \\ T' &= TT_o / (T_o - T) \end{aligned}$$

С отдалечаване на астероида от Слънцето, съгласно III закон на Кеплер, неговият сидеричен период  $T$  ще нараства и ще става все по-близък до орбиталния период на Земята. Числителят в горната формула ще се увеличава, а знаменателят ще намалява. Следователно синодичният период на астероида ще расте.

За астероид с орбита, която е външна за земната орбита, получаваме:

$$1/T' = 1/T_o - 1/T$$

При отдалечаване на астероида от Слънцето сидеричният му период също ще расте. Колкото по-голям става той, толкова повече синодичният период  $T'$  на астероида ще се доближава по стойност до  $T_o$ .

Следователно астероидът, чиито синодичен период нараства, е вътрешен, а другият – външен за Земята. С отдалечаването си от Слънцето вътрешният астероид ще пресече земната орбита и може да стане опасност за нашата планета. Вторият астероид очевидно не може да представлява опасност за Земята.

**3 задача.** Любители астрономи наблюдавали планети и установили, че Юпитер е в горна кулминация в 6 часа вечерта по местно време и е на височина  $15^\circ$  над хоризонта, а Марс е в горна кулминация в 6 часа сутринта и е на височина  $62^\circ$  над хоризонта. През кой годишен сезон и на каква географска ширина са се провеждали наблюденията?

**Решение:**

Щом двете планети са в горна кулминация през интервал от време от 12 часа, то те се намират приблизително в две диаметрално противоположни точки от еклиптиката. Тъй като небесният екватор и еклиптиката са големи кръгове по небесната сфера, ако деклинацията на едната планета е  $\delta$ , то деклинацията на другата планета трябва да е  $-\delta$ . Разликата между деклинациите на двете планети се равнява на  $2\delta$ . Разликата между деклинациите на двете планети е равна също и на разликата във височините над хоризонта на планетите при кулминациите. Следователно:

$$\begin{aligned} 2\delta &= 62^\circ - 15^\circ = 47^\circ \\ \delta &= 23.5^\circ \end{aligned}$$

Оттук заключаваме, че двете планети се намират близо до точките на лятно и зимно слънцестоене. Ако наблюдението се извършва в северното полукуълбо, то планетата Марс има деклинация  $+23.5^\circ$  и се намира в точката на лятно слънцестоене. Тя кулминира на височина над хоризонта  $62^\circ$ . Това означава, че небесният екватор пресича меридиана на мястото на наблюдение на височина  $62^\circ - 23.5^\circ = 38.5^\circ$ . Тази височина обаче е равна на  $90^\circ$  минус географската ширина на мястото  $\varphi$ . Оттук получаваме:

$$\varphi = 90^\circ - 38.5^\circ = 51.5^\circ$$

Тъй като планетата Марс кулминира в точката на лятно слънцестоене в 6 часа сутринта, то можем да заключим, че Слънцето се намира тогава около есенната равноденстваща точка, или сезонът на наблюдението е есен. Аналогични разсъждения за планетата Юпитер водят до същото заключение.

Ако наблюдението се извършва южното полукуълбо, то планетата Марс се намира в точката на лятно слънцестоене, но за южното полукуълбо, сезонът също е есен, а географската ширина на мястото е  $-51.5^\circ$ .

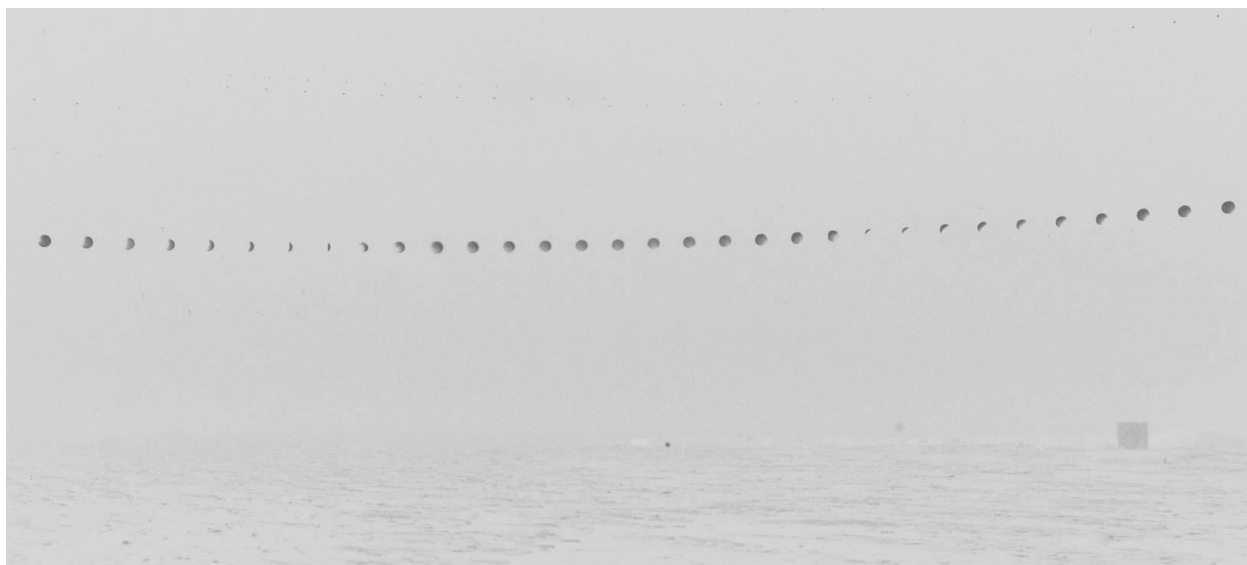
**4 задача.** Един млад любител астроном – Северин, силно ентусиазиран, пожелал да наблюдава пълното лунно затъмнение на 28 август 2007 година. Не само да го наблюдава, но и да го снима. За да има по-голяма вероятност да заснеме цялото явление, решил да отиде заедно с един американски астроном на любимото му място за наблюдения. Така и направил. Когато се върнал, донесъл тази странна снимка на затъмнението, която е приложена към задачата.

На снимката се вижда поредица от изображения на Луната в различни фази на затъмнението. По време на пълната фаза на затъмнението експонацията е силно увеличена, така че да се получат достатъчно ясни изображения. Всички изображения са негативни. Погледнете ги внимателно.

Определете приблизителните координати на наблюдателя. От коя държава е наблюдавал затъмнението? Според вас, дали е било необходимо да преодолява сериозни трудности в процеса на получаване на изображенията?

Колко време е продължило заснемането на серията изображения на Луната на Снимка 1?

Означете на снимката началото и края на пълната фаза на лунното затъмнение. Приблизително колко време е продължила тя?



Снимка 1

*Упътване: Нелинейните изкривявания на пътя на Луната на Снимка 1 се дължат на широкоъгълния обектив на фотоапарата.*

Ъгловият диаметър на Луната по време на затъмнение е  $d = 32'$ .

**Решение.** На Снимка 1 виждаме, че денонощното движение на Луната става практически успоредно на хоризонта. Следователно наблюдателят се е намирал до един от полюсите на Земята. Но на 28 август на Северния полюс е все още полярен ден. Следователно снимката е правена от Северин близо до Южния полюс на Земята. Тази местност не е особено населена и най-вероятно Северин се е намирал в полярната станция на Южния полюс на планетата. Приблизителните координати на наблюдателя са:  $\varphi = -90^\circ$ . Намирал се е на континента Антарктида, който има специален международен статут и никоя негова част не принадлежи на никоя държава. Що се отнася до условията, то в Антарктида през полярната нощ, те са екстремално неблагоприятни. (Температурата на външния въздух, при заснемането на Снимка 1, е била  $-68^\circ\text{C}$ . Снимката е правена от отопляема стая през тесен процепа в прозореца.)

За да получим колко време е продължило заснемането на серията трябва да знаем ъгловия мащаб на изображението. За целта използваме изображението на Луната. От справочните данни виждаме, че ъгловият диаметър на Луната е  $32'$ . Измерваме внимателно изображението на Луната на снимката. Получаваме, че линейният размер на изображението е 2.5 мм. Мащабът на снимката е 12.8 дъгови минути на милиметър. За един час небесната сфера се завърта на  $15^\circ$ . Но Луната, поради правото си орбитално движение, се движи на фона на звездите обратно на видимото въртене на небесната сфера. За да пресметнем видимото въртене на Луната спрямо земната повърхност трябва от ъгловата скорост на Земята да извадим ъгловата скорост на орбиталното движение на Луната -  $\omega_0$ .

$$\omega_d = \omega_3 - \omega_0$$

Получаваме, че Луната видимо се завърта за 1 час на  $\omega_d = 14^\circ 24' 34''$ .

Измерваме дължината на серията от изображения на Луната, като мерим от центъра на първото изображение до центъра на последното изображение. Получаваме  $l = 261$  мм. Умножаваме по мащаба на изображението и получаваме дължината на серията в ъглови единици  $l_\lambda = 55^\circ 41'$ . Делим на ъгловата скорост на Луната и получаваме за продължителността на серията 3 часа и 52 минути, т.е. около 4 часа.

Понеже наблюдателят се намира на Южния полюс и в която и посока да погледне, гледа на север, видимото движение на небесната сфера е от дясно на ляво. Най-дясното изображение на Луната е първото заснето изображение. Виждаме как постепенно незасенчената част на Луната намалява, докато почти не изчезне при десетото изображение. Единадесетото е вече на Луната, навлязла в сянката на Земята. Затова приемаме, че началото на затъмнението е между двете изображения. Краят на пълната фаза е между 23-то и 24-то изображения. Линейният размер на отсечката е 103 мм. Умножаваме по мащаба и делим на видимата ъглова скорост на Луната и получаваме, че продължителността на пълната фаза на затъмнението е 91.5 минути или 1 час 31.5 минути. Тази оценка е изключително близо до табличната стойност на продължителността на затъмнението, която е 1 час и 30 минути.