

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ЦЕНТРАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ

XI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

<http://astro-olymp.org>

II кръг
2 март 2008 г.

Ученици от 9-10 клас

1 задача.

■ По време на пълно слънчево затъмнение как се движи лунната сянка – в същата посока или в обратна посока на движението на точките от земната повърхност? Кое се движи по-бързо – лунната сянка или точките от земната повърхност?

■ Пълното слънчево затъмнение на 11 август 1999 г. се е наблюдавало в България, Румъния, Франция, Германия, Турция, Иран... Подредете тези страни в последователността, в която през тях е преминала лунната сянка.

■ Пълното лунно затъмнение на 9 януари 2001 г. се е наблюдавало в Алжир, Иран, Етиопия, Русия, Индия, Китай, Швейцария... Подредете тези страни в реда, по който в тях се е наблюдавало явлението.

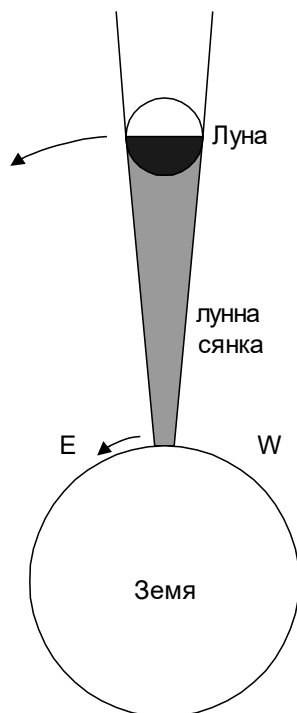
Решение:

Разглежданията ще направим в отправна система, свързана с линията Земя-Слънце. Означаваме с r разстоянието от Земята до Луната, с T_{syn} синодичния лунен месец, равен на периода на обикаляне на Луната около Земята, с R радиуса на Земята и с T продължителността на слънчевото денонощие или периода на оклоосно въртене на Земята. Скоростта на Луната по нейната орбита около Земята е:

$$v_L = \frac{2\pi r}{T_{syn}} \approx 1 \text{ км/сек}$$

Скоростта на движение на точка от земния екватор при въртенето на Земята е:

$$v_T = \frac{2\pi R}{T} \approx 0.46 \text{ км/сек}$$



Луната обикаля около Земята в същата посока, в която Земята се върти около оста си. Затова лунната сянка при слънчево затъмнение се движи по земната повърхност в същата посока, в която се движат и точките от земната повърхност при въртенето на Земята. Скоростта на лунната сянка в точка от Земята, за която Луната е в зенита, е равна на орбиталната скорост на движение на Луната. Както се вижда от горните пресмятания, лунната сянка има по-голяма скорост от точките по земната повърхност. Следователно лунната сянка изпреварва тези точки и се движи относително тях общо казано, от запад на изток.

Оттук можем да заключим, че при слънчевото затъмнение от 11 август 1999 г. редът, по който лунната сянка е преминавала през изброените държави, е следният:

Франция, Германия, Румъния, България, Турция, Иран

При слънчево затъмнение лунната сянка, която попада върху Земята, е много малка и затова то се наблюдава от много ограничена зона от земната повърхност. Лунно затъмнение става, когато Луната попадне в земната сянка. Явлението се наблюдава от цялата страна на Земята, която е обърната в същото време към Луната, при това едновременно от всички точки на земната

повърхност. Въпросът в какъв ред се е наблюдавало лунното затъмнение през 2001 г. от различните посочени държави, е подвеждащ. То се е наблюдавало от всичките държави по едно и също време.

2 задача.

- Как изглежда за един лунен наблюдател видимото движение на Земята:
 - спрямо лунния хоризонт?
 - на фона на звездите?
- На всяка дата от годината ли изгрява Луната?
- Какво ще се промени за земния наблюдател, гледащ към Луната, ако тя спре да се върти около оста си?

Решение:

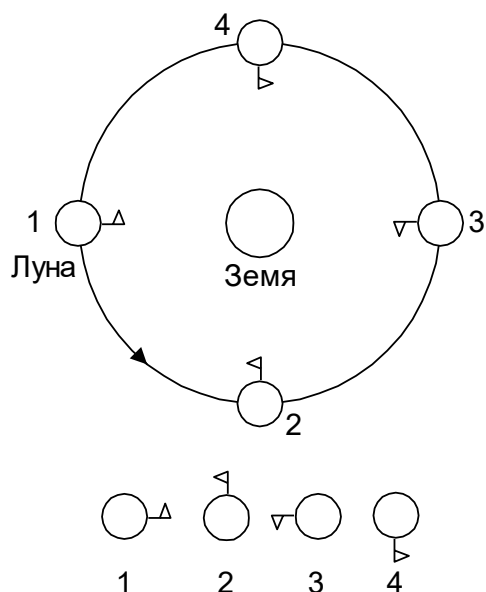
Периодът на околоосно въртене на Луната е равен на периода на орбиталното ѝ движение около Земята. Затова Луната остава винаги обърната с една и съща своя страна към Земята. От гледна точка на лунния наблюдател, застанал на страната на Луната, която е обърната към нас, Земята ще остава неподвижна в небето на една и съща височина над хоризонта и в една и съща посока. Това, обаче, е приблизителен отговор на въпроса. Ако отчетем и либрациите на Луната, то от лунната повърхност наблюдателят ще вижда периодични малки движения на Земята около някакво неподвижно средно положение.

На фона на звездите Земята ще извършва видимо движение от запад на изток с период един сидеричен лунен месец – 27.3 денонощия. При това свое движение Земята ще описва проекцията на лунната орбита върху небесната сфера. Лунната орбита е с наклон около 5° към еклиптиката и извършва прецесия с период около 18 години. Така че видимото движение на Земята ще става в една ивица, простираща се по ширина на около 5° от двете страни на еклиптиката.

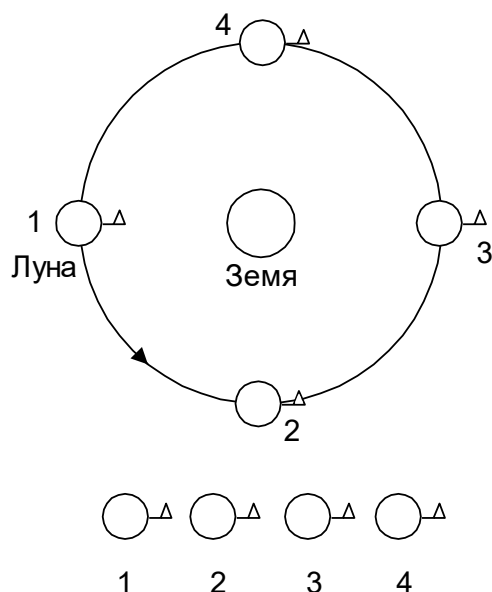
Луната се движи по своята орбита около Земята в посока от запад на изток. Поради това тя «изостава» от видимото денонощно въртене на небето от изток на запад и всеки ден изгрява средно с около 50 минути по-късно, отколкото в предишния ден. Ако на дадена дата Луната изгрее малко преди полунощ, то на следващата дата няма да има лунен изгрев, а Луната ще изгрее отново малко след полунощ на по-следващата дата. Такива дати без изгрев на Луната има практически по една всеки месец, а по някога и по две – в началото и в края на месеца.

В полярните райони на Земята има и по-дълги периоди от време, в които Луната не изгрява. Това се случва, когато Луната се намира в участъци от своята орбита, оставащи под хоризонта през цялото денонощие за тези места. Например във всеки сидеричен лунен месец Луната преминава веднъж около точката на зимно слънцестоене. Тогава тя се намира най-далеч на юг от небесния екватор и за високите северни ширини има интервали от едно или повече денонощия, в които Луната е неизгряващо светило. Аналогична ситуация възниква и в южните полярни области, когато Луната преминава около точката на лятно слънцестоене (за северното полукълбо).

Както вече беше споменато, Луната се върти около оста си с период, равен на периода, с който тя обикаля около Земята – един сидеричен месец (27.3 дни), и Луната остава обърната към нас, земните наблюдатели, винаги с една и съща своя страна (Фиг. 1). Ако Луната спре да се върти около оста си, то при орбиталното си движението около Земята, Луната ще обръща към нас последователно всички свои страни. При наблюдение от Земята Луната ще се «завърта» около себе си с период, равен на 27.3 дни (Фиг. 2).



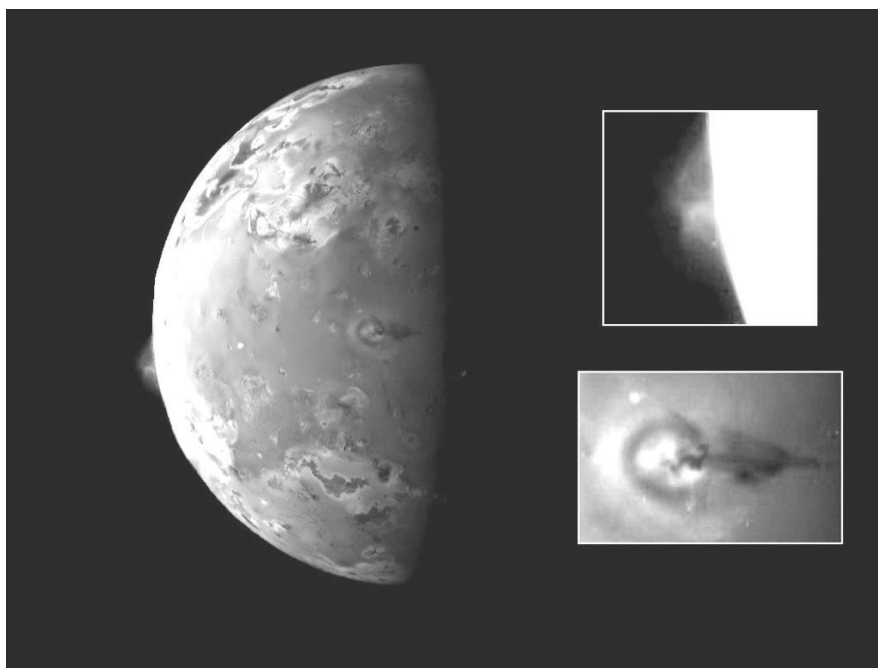
Фиг. 1. Луната се върти около оста си с период, равен на периода на обикаляне около Земята. За земния наблюдател тя остава обвърната с една и съща своя страна към Земята.



Фиг. 2. Луната не се върти около оста си. За земния наблюдател тя показва последователно всички свои страни и видимо се завърта около себе си веднъж за един орбитален период.

3 задача. Спътникът на Юпитер Йо е известен с множеството си действащи вулкани. Един от тях е показан на снимката.

- Направете необходимите измервания и определете височината на струите вещество, изхвърлено от вулкана.
- Определете приблизително началната скорост, с която се изхвърля веществото от вулкана.



Решение:

Измерваме с линейка по изображението вляво диаметъра на Йо d и височината на струите от вулкана h :

$$d = 69 \text{ мм} \qquad h = 2.5 \text{ мм}$$

От справочните данни определяме истинския диаметър на спътника $D = 2 \times 1815 = 3630 \text{ км}$. Използвайки пропорционалната зависимост, за истинската височина на струите вещество получаваме:

$$H = \frac{D}{d} \cdot h \approx 132 \text{ км}$$

Да означим началната скорост на изхвърляне на веществото от вулкана с v_0 , времето, за което то се издига на максимална височина с t , и ускорението на силата на тежестта на Йо с g_1 . Като знаем масата на Йо M и неговия радиус R , намираме:

$$g_1 = \gamma \frac{M}{R^2}$$

където γ е гравитационната константа. Като пренебрегнем изменението на g_1 на височина H , можем да напишем следните уравнения:

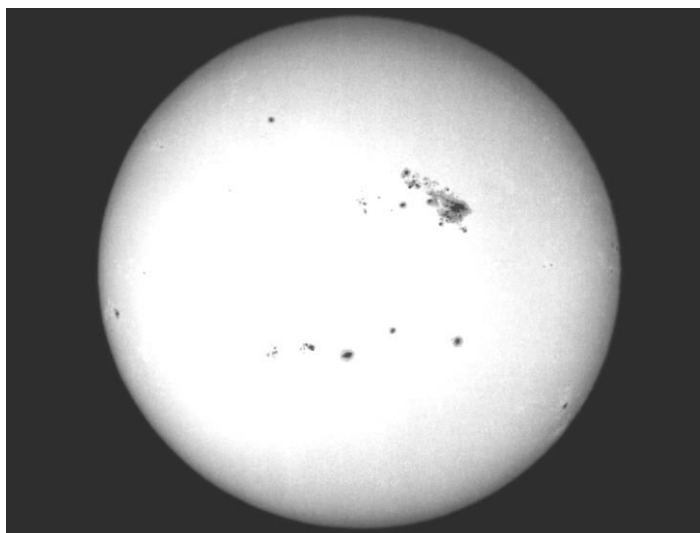
$$\begin{aligned} v_0 - g_1 t &= 0 \\ H &= v_0 t - \frac{g_1 t^2}{2} \end{aligned}$$

Изключваме от тях t и получаваме:

$$\begin{aligned} v_0 &= \sqrt{2g_1 H} \\ v_0 &= \sqrt{\frac{2\gamma M H}{R^2}} \\ v_0 &\approx 690 \text{ м/сек} \end{aligned}$$

4 задача.

- Температурата на газовете в слънчевите петна е 4500 К. Газове, нагreti до такава висока температура, светят много ярко. Защо тогава слънчевите петна изглеждат тъмни?
- Каква би била видимата звездна величина на Слънцето, ако цялото бъде покрито с петна?



Решение:

Излъчването на Слънцето, както и на другите звезди, е доста подобно на излъчването на абсолютно черно тяло. Съгласно закона на Стефан-Болцман, излъчената енергия от единица площ на абсолютно черно тяло за единица време е:

$$I = \sigma T^4$$

където σ е константата на Стефан-Болцман, а T е температурата на тялото. Слънчевите петна се наблюдават във фотосферата на Слънцето, която представлява видимия външен слой от атмосферата на нашата звезда. Силно нагнетите газове в петната наистина светят много ярко, но още по-ярки са останалите области от фотосферата, незасегнати от петната, понеже тяхната температура T е по-висока – около 5800 К. Слънчевите петна при температура $T_1 = 4500$ К сами по себе си са много ярки. Ние бихме могли да ги различим, само ако наблюдаваме Слънцето през достатъчно тъмен филтър, или пък проектирано върху хартия, така че изображението му да не е много ярко. Тогава слънчевите петна изглеждат по-тъмни в контраст с околните още по-горещи области от фотосферата.

Да означим с E осветеността, която създава за земния наблюдател Слънцето сега, а с E_1 – осветеността, която то би създавало, ако цялото беше покрито с петна. Тогава:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{T^4}{T_1^4}$$

$$\frac{E}{E_1} \approx 2.76$$

Ако цялото Слънце бъде покрито с петна, то блясъкът му ще е 2.76 пъти по-слаб, отколкото ако е без петна. Означаваме с $M = -26.7^m$ видимата звездна величина на Слънцето без петна и с M_1 видимата му звездна величина ако е цялото покрито с петна. С помощта на формулата на Погсън получаваме:

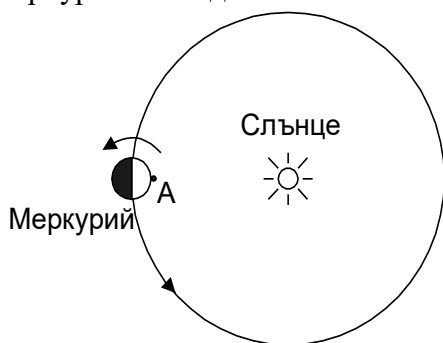
$$\lg \frac{E}{E_1} = 0.4(M_1 - M)$$

$$M_1 = M + 10 \lg \frac{T}{T_1}$$

$$M_1 \approx -25.6^m$$

В случай, че цялото Слънце се покрие с петна, видимата му звездна величина ще се увеличи само с около 1^m .

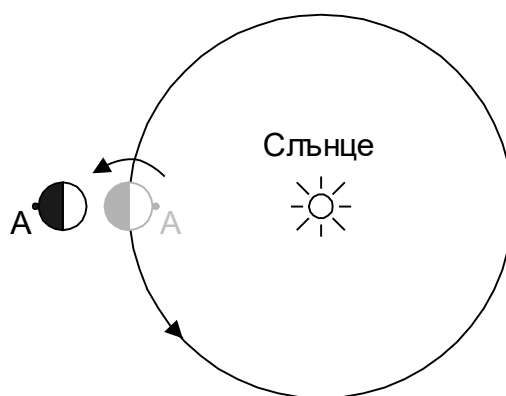
5 задача. Периодът, с който планетата Меркурий обикаля около Слънцето, е приблизително 90 дни. Периодът на въртене на Меркурий около оста му е приблизително 60 дни. Двете движения са в една и съща посока. Нека в даден момент наблюдател се намира в точка А на повърхността на Меркурий, както е показано на фигурата. Тогава за наблюдателя Слънцето е най-високо в небето – точно над главата му. Това е моментът пладне – средата на меркурианския ден.



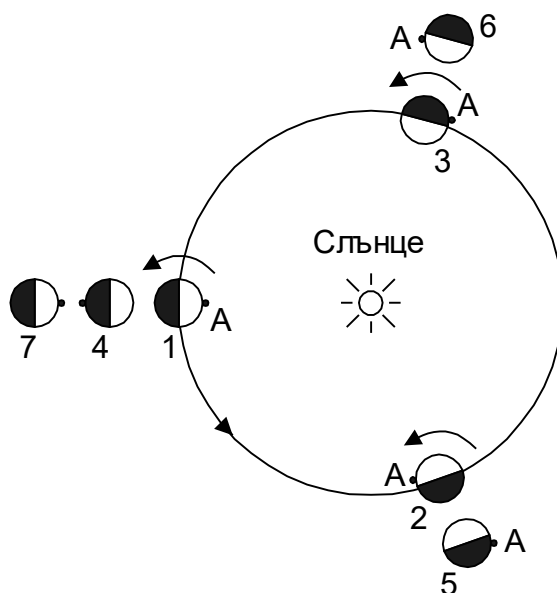
- След колко време за наблюдателя в точка А отново ще настъпи пладне – каква е продължителността на меркурианското денонощие?
- Колко такива меркуриански денонощия има в една меркурианска година?

Решение:

Отначало наблюдателят в точка А се намира на страната на Меркурий, която е обърната към Слънцето. Меркурий прави една обиколка около Слънцето за 90 дни. За същото време той ще успее да се завърти около оста си един и половина пъти, понеже периодът на околоосното му въртене е 60 дни. Това значи, че след една обиколка на Меркурий около Слънцето наблюдателят в точка А ще се намира на обратната страна на планетата и за него ще е нощ, по-точно – средата на нощта, или полунощ.



Докато настъпи следващото пладне за наблюдателя в точка А, планетата Меркурий ще направи още една обиколка около Слънцето и още едно и половина завъртания около оста си. Следователно периодът от пладне до пладне – интервалът от време, за който в точка А се сменят един ден и една нощ – продължава общо 2 пъти по 90 дни, или 180 дни. Това можем да проследим с помощта на последователните положения 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 на Меркурий по неговата орбита на следващата фигура. Тези положения са през интервал от време 30 дни. За такъв интервал планетата се премества на една трета от своята орбита и се завърта на половин оборот около оста си. Затова при всяко следващо положение точката А е завъртяна на 180° спрямо предното положение.



Годината на Меркурий – периодът на обикаляне около Слънцето – продължава 90 дни. А денонощието – 180 дни, т.е. в годината се съдържа половин денонощие или денонощието е два пъти по-дълго от годината! Там имаме 90 дни, или една меркурианска година ден и 90 дни нощ. Меркурий е много странна планета.

Друг начин за разсъждение се основава върху факта, че ако движението на една планета около Слънцето и околоосното ѝ въртене са в една и съща посока, то за тази планета броят на слънчевите денонощия в годината е точно с едно по-малък от броя на звездните денонощия. В една меркурианска година от 90 дни има 1.5 звездни денонощия от по 60 дни. Следователно броят на слънчевите денонощия за Меркурий в една година ще бъде:

$$1.5 - 1 = 0.5$$

Разбира се, задачата може да се реши и като се използва известната зависимост между продължителността на звездното денонощие $T_{sid} = 60$ дни, на слънчевото денонощие T_{syn} и на годината $T = 90$ дни:

$$\frac{1}{T_{syn}} = \frac{1}{T_{sid}} - \frac{1}{T}$$

Знакът минус отразява факта, че орбиталното движение и въртенето около оста на Меркурий стават в една посока. Така получаваме:

$$T_{syn} = \frac{T_{sid}T}{T - T_{sid}} = 180 \text{ дни}$$

Този начин е напълно правилен, макар и да не ни дава нагледна представа за необикновените особености на движението на Меркурий.

Справочни данни:

Разстояние до Луната	384 000 км
Радиус на Земята	6370 км
Сидеричен лунен месец	27.3 денонощия
Радиус на Йо	1815 км
Маса на Йо	894×10^{20} кг
Гравитационна константа:	$\gamma = 6.67 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-2} \cdot \text{сек}^{-2}$
Температура на слънчевата фотосфера:	5800 К
Видима звездна величина на Слънцето:	-26.7^m