

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

VII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

II кръг

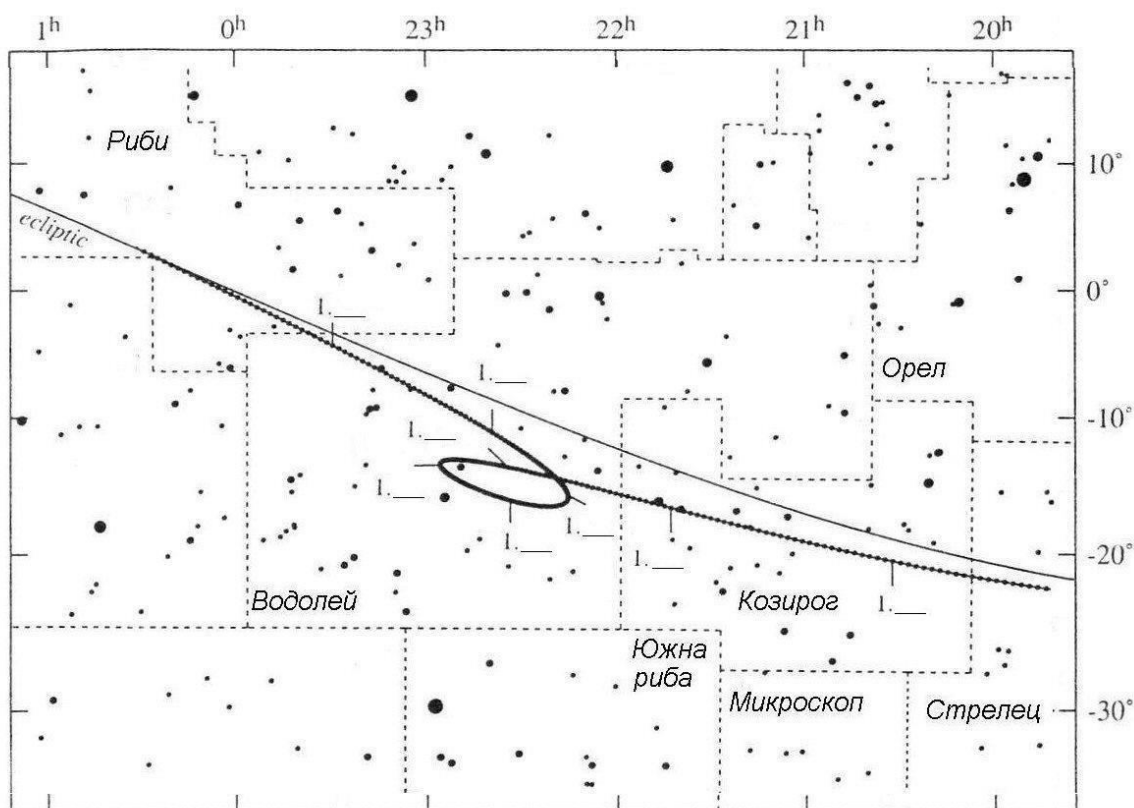
8 февруари 2004 г.

Ученици 11-12 клас – решения

1 задача. На фигурата е даден видимият от Земята път на Марс на фона на звездното небе през част от 2003 г. С чертички по този път са означени положенията на планетата на първия ден от всеки месец. До всяка чертичка е написана датата "1.____", но месецът липсва.

- Защо във видимия път на Марс се появява примка?
- Означете посоката на видимото движение на Марс.
- Допълнете означенията на месеците.

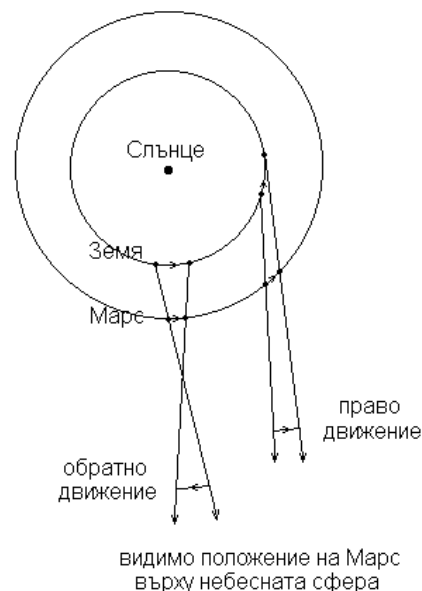
Обяснете вашите разсъждения и приложете схемата към вашето решение.



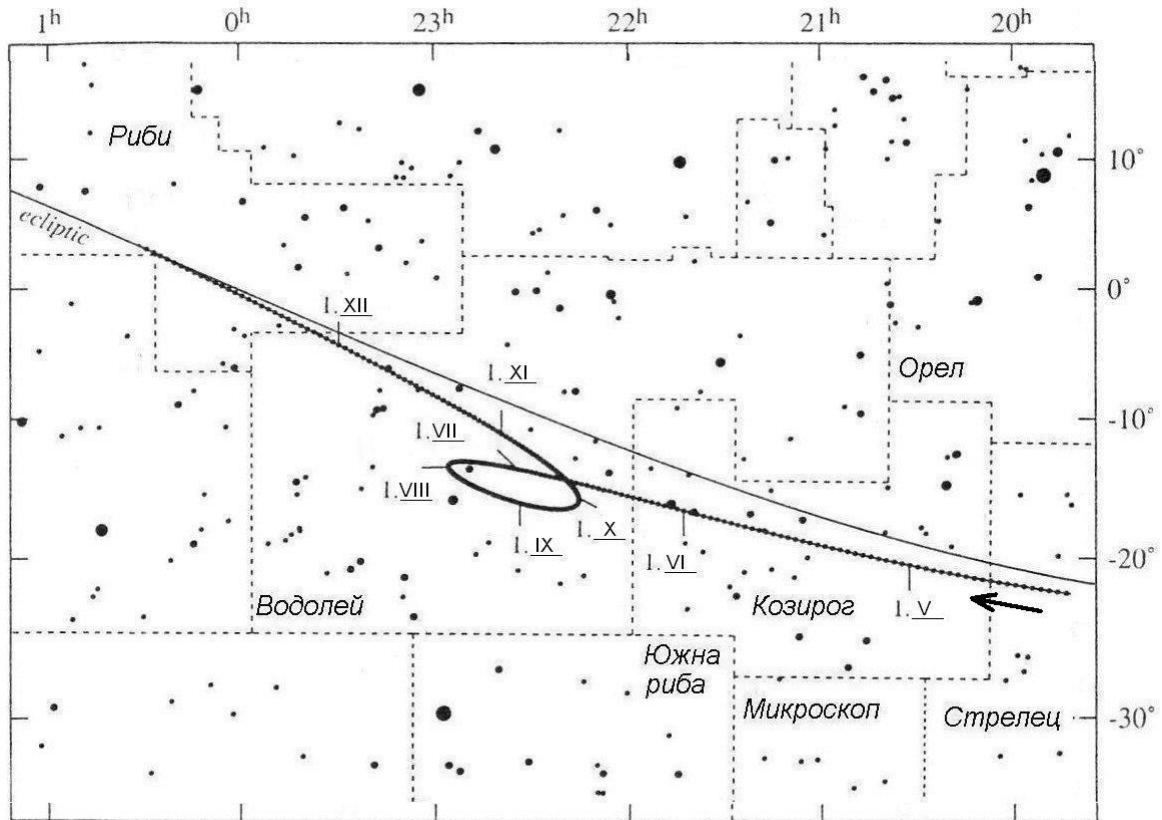
Решение:

Марс, като всяка планета, видимо се премества на фона на звездното небе за земния наблюдател. Когато видимото движение на Марс става от запад на изток, т.е. по посока на видимото годишно движение на Слънцето по еклиптиката, то говорим за право движение. Понякога обаче, планетата има обратно движение. Марс е външна планета и се движи по орбитата си около Слънцето с по-малка ъглова скорост от Земята. Затова, както се вижда от схемата, обратно движение на Марс се наблюдава около опозицията или противостоянето на Марс. Тогава Марс описва "примка" на фона на звездите.

На дадената звездна карта посоката на правото видимо движение на Марс съвпада с посоката на нарастване на ректасцензията, или на обикновения ред, в който следват зодиакалните съзвездия, т.е. отдясно наляво.



Вижда се, че в периода, когато Марс се е движил обратно – външната част на примката – той е бил в съзвездието Водолей и ректасцензията му е била между 22^h и 23^h . Някъде в този период е била и опозицията на Марс, когато той се е намирал в посока противоположна на посоката от Земята към Слънцето. Следователно тогава Слънцето е имало ректасцензия с 12^h по-малка, или между 10^h и 11^h , и е било в диаметрално противоположното на Водолей зодиакално съзвездие – т.е. Лъв. Слънцето е в това съзвездие от втората половина на август до втората половина на септември. Това означава, че Марс е бил в опозиция в този период от време. Така стигаме до извода, че чертичката, сочеща външната част на примката, съответства на датата 1 септември. Оттам нататък, следвайки посоката на движение, можем да означим и другите месеци, както е показано на картата.



2 задача. Наблюдаваме земната повърхност от космическа станция в орбита около Земята. Да си представим, че за известно време океанът става абсолютно гладък и виждаме в него отражението на Луната. Оценете каква би била звездната величина на това отражение при пълнолуние. Приемете следните предположения:

- При преминаване през земната атмосфера светлината отслабва 1.25 пъти.
 - Водната повърхност отразява 4% от падащата светлина.
 - Океанската повърхност се разглежда като плоско огледало.
- Звездната величина на Луната в пълнолуние извън атмосферата, е $-12^m.74$.

Решение:

Пренебрегваме разстоянието от океанската повърхност до космическата станция и считаме, че образът на отразената Луна е на същото разстояние от станцията, на каквото е самата Луна от земната повърхност.

Водната повърхност отразява 4% от падащата светлина. Това означава, че отразената светлина е $1 / 0.04 \approx 25$ пъти по-слаба от падащата. Светлината от Луната преминава веднъж през земната атмосфера, отразява се във водата и преминава още веднъж през атмосферата, преди да достигне до станцията. Следователно светлината от лунното отражение, идваща към космическата станция, е $1.25 \times 25 \times 1.25 \approx 39$ пъти по-слаба от светлината на Луната, наблюдавана извън атмосферата. Разликата между видимата звездна величина на лунното отражение и на Луната извън атмосферата ще бъде:

$$\Delta m = 2.5 \log 39 \approx 3.98$$

Звездната величина на лунното отражение ще бъде:

$$m = -12.74^m + \Delta m = -8.76^m$$

3 задача.

Звезда		β Cyg	μ Cyg
Компонента А	Звездна величина	$3^m.1$	$4^m.7$
	Спектрален клас	K	F
Компонента В	Звездна величина	$5^m.1$	$6^m.1$
	Спектрален клас	B	G

В таблицата са дадени данни за компонентите на две двойни звезди в съзвездие Лебед (Cygnus). От всичките четири компоненти в двете системи само една не е от Главната последователност на диаграмата на Херцшпрунг-Ръсел.

За всяка двойна система посочете:

- Коя от двете компоненти е по-гореща – А или В?
- Коя от двете компоненти е с по-голям размер – А или В?

Отговорете и на следните въпроси:

- Коя от четирите звезди в двете системи не е от Главната последователност?
- Коя от двете системи е по-близо до нас – β Cyg или μ Cyg?

Решение:

В системата β Cyg компонентата β Cyg А е от спектрален клас K, а компонентата β Cyg В – от клас B. Следователно компонентата В е по-гореща от А. В системата μ Cyg компонентата μ Cyg А със спектрален клас F е по-гореща от компонентата μ Cyg В със спектрален клас G.

В системата β Cyg по-горещата компонента β Cyg В е с по-голяма звездна величина. Понеже двете компоненти са на практически еднакво разстояние от нас, то можем да заключим, че компонентата β Cyg В има по-малка светимост от компонентата β Cyg А. Но съгласно закона на Стефан-Болцман, интензивността на излъчване от единица повърхност на едно нагрятото тяло е по-висока при по-висока температура. Това означава, че по-хладната компонента β Cyg А трябва да има по-голяма повърхност, а значи и по-голям радиус от β Cyg В. Оттук следва също и че компонентата β Cyg А е единствената от четирите звезди, която не е от Главната последователност. Това е звезда – червен гигант.

В системата μ Cyg по-горещата компонента е и с по-малка звездна величина, т.е. μ Cyg А е с по-висока светимост от компонентата μ Cyg В. Понеже и двете звезди са от Главната последователност, то компонентата μ Cyg А, която е с по-ранен спектрален клас, трябва да е и с по-голяма маса и следователно с по-голям радиус от μ Cyg В.

Да сравним компонентата В от системата β Cyg с компонентата А от системата μ Cyg. Първата звезда е от спектрален клас B, а втората от спектрален клас F. И двете са от Главната последователност. Ето защо би трябвало първата звезда да е с по-висока светимост от втората. Но звездната величина на първата звезда е по-голяма, отколкото на втората. Това значи, че видимият блясък на първата звезда е по-слаб. Следователно системата β Cyg е по-далеч от нас, отколкото μ Cyg.

4 задача. В пустинно царство живял цар. Вражеска войска завладяла царството. Царят бил откаран надалеч. Царският син избягал и заживял в самотна шатра. Една нощ му се явил добър дух и му казал: “Баща ти е хвърлен в дълбок кладенец. Бях при него точно когато гледаше през кладенеца любимата си звезда.” Духът погледнал към звездния си часовник: “Това беше преди 444 минути”. После духът излетял. Принцът погледнал след него право нагоре през димния отвор на върха на шатрата и видял звездата Минтака (δ Орион, $\alpha = 5^h29^m$, $\delta \approx 0^\circ$). Спомнил си обаче, че любимата звезда на царя била Садалмалик (α Водолей, “щастливата звезда на царя”, $\alpha = 22^h03^m$, $\delta \approx 0^\circ$). Тогава разбрал как да намери баща си.

- Повторете разсъжденията на принца.
- В каква посока от шатрата с принца се намира кладенецът с царя?
- Какво е разстоянието между тях?

Решение:

Деклинациите и на двете звезди са приблизително равни на нула, т.е. звездите са на небесния екватор. За да види царят звездата Садалмалик от дъното на кладенеца, тя

трябва да минава близо до зенита. Следователно кладенецът е близо до земния екватор. Аналогично стигаме до извода, че и шатрата с принца е близо до земния екватор.

Минтака отстои по ректасцензия от Садалмалик на ъгъл:

$$\Delta\alpha = (24^{\text{h}}00^{\text{m}} - 22^{\text{h}}03^{\text{m}}) + 5^{\text{h}}29^{\text{m}} = 7^{\text{h}}26^{\text{m}} = 446^{\text{m}}$$

Както е известно, ректасцензията на звездите нараства от запад на изток. Тъй като ректасцензията на Садалмалик е малко по-малка от 24^{h} , а ректасцензията на Минтака е не много по-голяма от 0^{h} , то можем да считаме, че Минтака се намира на 446^{m} източно от Садалмалик. От момента, в който Садалмалик е минала приблизително през зенита за царя в кладенеца, до момента, в който Минтака е преминала през зенита също за царя, трябва да са изминали 446^{m} звездно време. Духът летял 444^{m} по звездния си часовник. Когато той е бил в шатрата с принца, са оставали 2 минути по звездно време до преминаването през зенита на звездата Минтака за царя. В този момент Минтака е била в зенита за принца. Следователно шатрата с принца е на изток от кладенеца.

Шатрата отстои от кладенеца на ъгъл:

$$\beta = \frac{2 \text{ min} / 60}{24^{\text{h}}} \cdot 360^{\circ}$$

На този ъгъл съответства дължина на дъга по екватора:

$$s = \frac{\beta}{360^{\circ}} \cdot 2\pi R = \frac{2 \text{ min} / 60}{24^{\text{h}}} \cdot 2\pi R$$

$$s \approx 55.6 \text{ km}$$

Това е разстоянието от шатрата до кладенеца.

5 задача. Експедиция проучва в поречието на река Амазонка останките на голяма индианска цивилизация от XIV век. Главният лагер е построен на екватора, точно под един геостационарен спътник, който се използва за постоянна връзка с археологическия институт. Във връзката се намесва втори спътник за няколко минути, но на всеки 12 часа. През нощта някой успява да види с телескоп спътника, който, както се оказва, се движи в посока, обратна на въртенето на Земята. Какви са радиусите на орбитите на двата спътника? Има ли непосредствена опасност за тяхното съществуване?

Решение:

От това, че пресрещаме спътника на всеки 12 часа, следва, че спътникът прави една обиколка около Земята точно за 24 часа. Както е известно, геостационарните спътници обикалят около Земята синхронно с нейното въртене около оста. Логично е да се запитаме дали двата спътника не се движат по една и съща орбита в противоположни посоки и следователно, дали няма да се сблъскат. Земята наистина се завърта около оста си за едно денонощие, но това е звездно денонощие – $23^{\text{h}}56^{\text{m}}04^{\text{s}}$. Вторият спътник прави една обиколка за по-дълго време и следователно се движи по по-висока орбита. Все пак спътниците имат някакви размери и трябва да видим, дали разстоянието между орбитите е достатъчно голямо. За целта изчисляваме радиусите на орбитите на двата спътника.

Използвайки данните за сидеричния лунен месец $T_{\text{Л}}$ и средното разстояние $a_{\text{Л}}$ от Земята до Луната, съгласно III закон на Кеплер пресмятаме:

$$\frac{a_{\text{Л}}^3}{T_{\text{Л}}^2} = \frac{a_{\text{С}}^3}{T_{\text{С}}^2}$$

$$a_{\text{С}} = a_{\text{Л}} \sqrt[3]{\frac{T_{\text{С}}^2}{T_{\text{Л}}^2}}$$

където $a_{\text{С}}$ и $T_{\text{С}}$ са радиусът на орбитата и орбиталният период на спътника. За втория

спътник получаваме $a_{\text{С}} = 42353.5 \text{ km}$, а за геостационарния спътник $a_{\text{С}} = 42276.4 \text{ km}$.

Разстоянието между орбитите е $\Delta a = 77 \text{ km}$. Тъй като размерите на спътниците са очевидно по-малки от тази величина, то няма опасност те да се сблъскат.

Справочни данни:

Средно разстояние от Земята до Луната – 384 000 km

Период на обикаляне на Луната около Земята – 27.3 денонощия

Екваториален радиус на Земята – 6378 km

Спектрални класове на звездите (заедно с мнемонично правило за запомняне):

O, B, A, F, G, K, M (Oh, Be A Fine Girl, Kiss Me.).