

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг, 02 май 2015 г., Добрич

ТЕМА ЗА ВЪЗРАСТОВА ГРУПА – VII-VIII КЛАС
Теоретичен кръг
Решения

1 задача. Космически сън. Участник в астрономическата олимпиада е отегчен от дългата зима и си мечтае на Земята да има вечна лятна ваканция. Той сънува как Земята се е преместила на меркурианската орбита, а Меркурий е отишъл на земната орбита. Луната се е преместила заедно със Земята и продължава да се движи около нашата планета, както и досега.

- А) Ще се наблюдават ли от Земята при това положение пълни слънчеви затъмнения?
- Б) А ще има ли пълни лунни затъмнения?
Обяснете вашите отговори и ги подкрепете с пресмятания.

Справочни данни:

Радиус на Земята – 6370 км

Радиус на Слънцето – 700000 км

Радиус на Луната – 1738 км

Радиус на земната орбита – 1 а.е..

Радиус на орбитата на Меркурий – 0.39 а.е.

Решение:

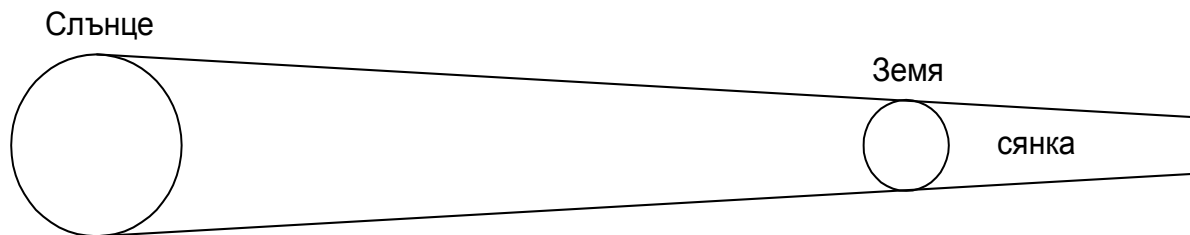
Знаем, че когато от Земята наблюдаваме пълно слънчево затъмнение, видимите ъглови размери на Слънцето и Луната почти съвпадат. Меркурианската орбита е с радиус $1 / 0.39 \approx 2.6$ пъти по-малък от радиуса на земната орбита. При наблюдение от меркурианската орбита Слънцето ще е с 2.6 пъти по-голям ъглов размер и ако Луната остане на същото разстояние от Земята, както преди, то тя няма да може да го закрива изцяло. Пълни слънчеви затъмнение няма да има.

Нека си представим, че Земята е на старата си орбита, земните жители наблюдават пълно лунно затъмнение, а ние в същия момент се намираме на Луната. Земният радиус е $6370 / 1738 \approx 3.7$ пъти по-голям от лунния. Щом при наблюдение от Земята видимите ъглови диаметри на Луната и Слънцето са приблизително еднакви, то ако гледаме от Луната, видимият диаметър на Земята ще е около 3.7 пъти по-голям от този на Слънцето. Когато от Земята се наблюдава пълно лунно затъмнение, от Луната трябва да се вижда продължително пълно слънчево затъмнение. Сега нека Земята вече да се е преместила на меркурианската орбита. Гледано от Луната, Слънцето е 2.6 пъти по-голямо по видим ъглов диаметър, отколкото преди. Но за лунния наблюдател Земята пак ще може да го закрива изцяло, защото видимият ѝ размер е 3.7 пъти по-голям от предишния видим размер на Слънцето. Ето защо при новата орбита на Земята, от Луната ще може да се наблюдават пълни слънчеви затъмнения, макар и не толкова продължителни, както преди. А пълно слънчево затъмнение за лунния наблюдател може да настъпи, когато Луната попадне изцяло в земната сянка. Тогава земните жители ще виждат пълно лунно затъмнение. Следователно от новата орбита на Земята ще се наблюдават пълни лунни затъмнения.

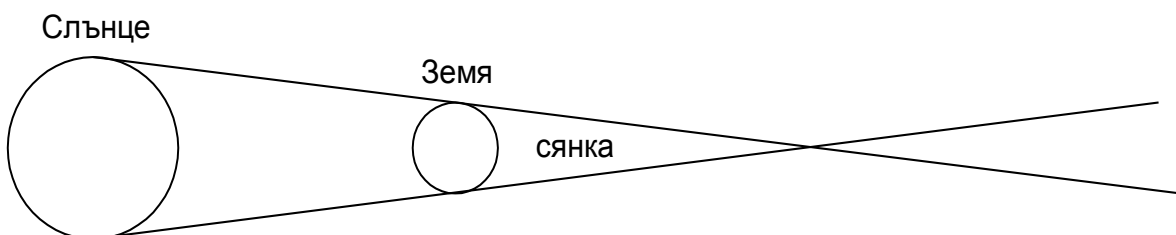
Подусловие Б) може да се реши и като се използват малко по-различни съображения. Когато Слънцето огрява Луната, тя хвърля зад себе си сянка, която е с форма на конус и се стеснява с отдалечаване от Луната. Върхът на този конус почти

точно достига до Земята. Това е именно защото видимите от Земята ъглови размери на Луната и Слънцето са почти еднакви. Но конусът на земната сянка се простира доста по-далеч зад лунната орбита и се наблюдават продължителни лунни затъмнения. Когато Земята се доближи до Слънцето, конусът на земната сянка ще се стеснява по-бързо с отдалечаване от Земята. Въпросът е ще достига ли той до Луната и дали сечението на земната сянка ще е с диаметър, по-голям от диаметъра на Луната, така че Луната да се окаже напълно обхваната от земната сянка?

С преместването на меркурианската орбита ъгловите размери на Слънцето ще се увеличат 2.6 пъти. Видимите ъглови размери на Земята ще бъдат отново 3.7 пъти по-големи от предишните видими ъглови размери на Слънцето. Оттук можем да направим две заключения. Първо, очевидно от Луната ще могат да се наблюдават пълни слънчеви затъмнения – т.е. земната сянка ще достига до Луната. Второ, нека отново си припомним, че когато Земята е била на първоначалната си орбита, за земния наблюдател видимият ъглов размер на Слънцето е бил приблизително равен на видимия ъглов размер на Луната. Следователно при новото положение за лунния наблюдател видимият ъглов диаметър на Земята ще бъде по-голям от видимия ъглов диаметър на Слънцето с величина, равна на $3.7 - 2.6 = 1.1$ видими ъглови лунни диаметъра. Това означава, че за да излезе от зоната на лунно затъмнение, Луната трябва да се придвижи по своята орбита на разстояние 1 свой лунен диаметър и още 0.1 от него. Така че, поне за кратко цялата Луна ще бъде потопена в земната сянка и от Земята ще може да се наблюдава пълно лунно затъмнение.



Земята на първоначалната си орбита



Земята на меркурианската орбита

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

За правилни разсъждения по подусловие А) – 5 т.

За правилно заключение – 2 т.

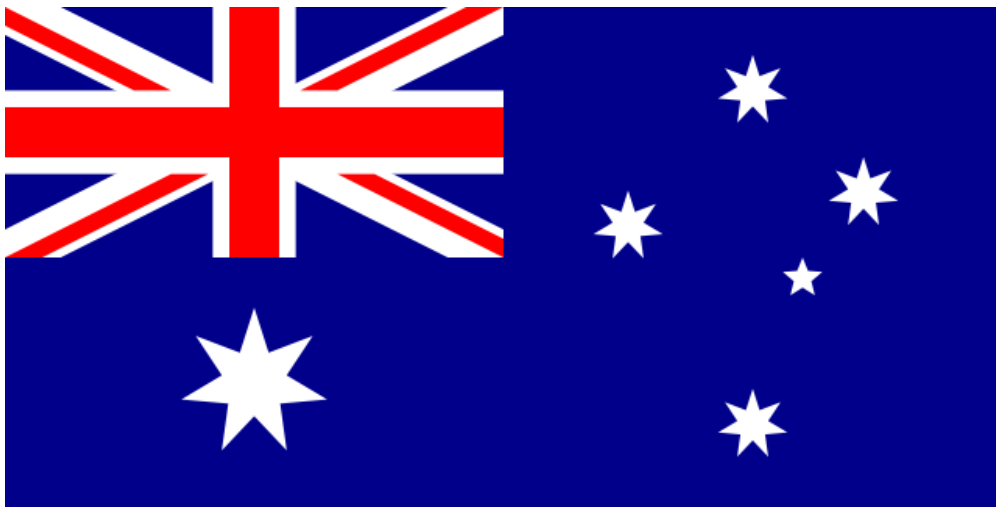
За правилни разсъждения по подусловие Б) – 6 т.

За правилно заключение – 2 т.

2 задача. Южен кръст. Съзвездие Южен кръст е изобразено на националното знаме на Австралия, което виждате на фигурата. Екваториалните координати на петте най-ярки звезди са следните:

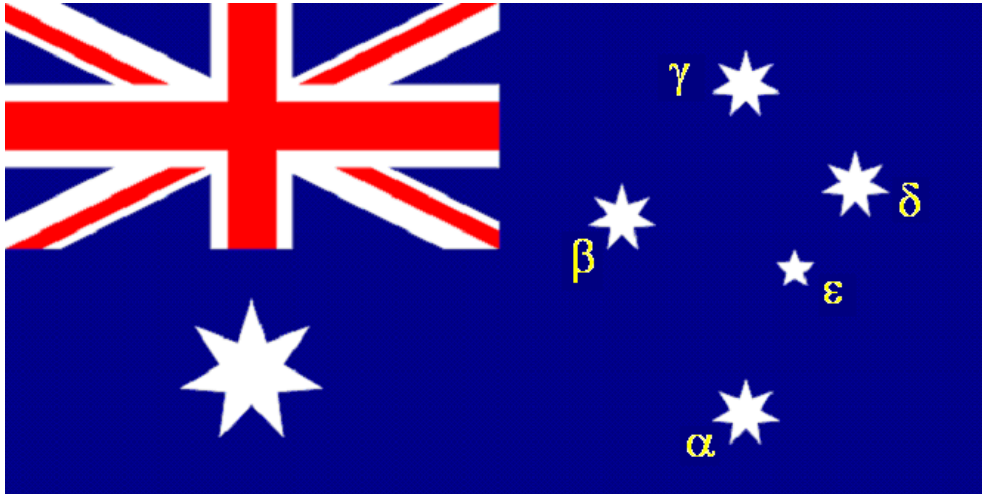
Звезда	α	δ
α Cru	12h 26m 36s	– 63°05'56"
β Cru	12h 47m 43s	– 59°41'20"
γ Cru	12h 31m 10s	– 57°06'52"
δ Cru	12h 15m 09s	– 58°44'56"
ϵ Cru	12h 21m 21s	– 60°24'01"

- А) Означете върху знамето кои са тези звезди.
- Б) Вие мечтаете да видите това съзвездие. Намирате се в София на географска ширина 42°42'. В каква посока трябва да тръгнете и какво е най-краткото разстояние, което трябва да пропътувате, за да стигнете до място, от което поне понякога може да се наблюдава цялото съзвездие?
- В) Приблизително кога през годината не бихте могли въобще да видите съзвездието от това място?
- Г) Мечтата ви би могла да се сбъдне напълно, ако се озовете на място, където съзвездието Южен кръст е незалязващо. Къде по Земята се намират такива места?
- Д) На кои места по Земята Южният кръст винаги би се наблюдавал в небето обърнат на „обратно” спрямо начина, по който е изобразен на знамето?
- Е) Коя би могла да бъде ярката звезда под британския флаг вляво, която не принадлежи към Южния кръст?



Решение:

Деклинациите на звездите от съзвездието Южен кръст показват, че то е сравнително близо до южния небесен полюс. От Австралия то би трябвало да се вижда в южната част на небето и следователно върху изображението на знамето нагоре трябва да е север, а надолу – юг. Наляво трябва да е изток и това е посоката, в която расте ректасцензията на звездите, а надясно трябва да е запад. Използвайки тези съображения и координатите на звездите, ние можем да ги означим върху знамето.



Звездата с най-голяма южна деклинация ($63^{\circ}05'56''$) е α Cru. Най-близкото място, от което би могло да се вижда поне понякога цялото съзвездие, е мястото, където тази звезда е в горна кулминация на самия хоризонт. Ако географската ширина на това място е φ , трябва да е изпълнено следното условие:

$$90^{\circ} - \varphi = 63^{\circ}05'56''$$

Оттук получаваме: $\varphi = 26^{\circ}54'04'' \approx 26^{\circ}.9011$. За да стигнем до такова място от София, трябва да тръгнем на юг и да пропътуваме по географска ширина разстояние:

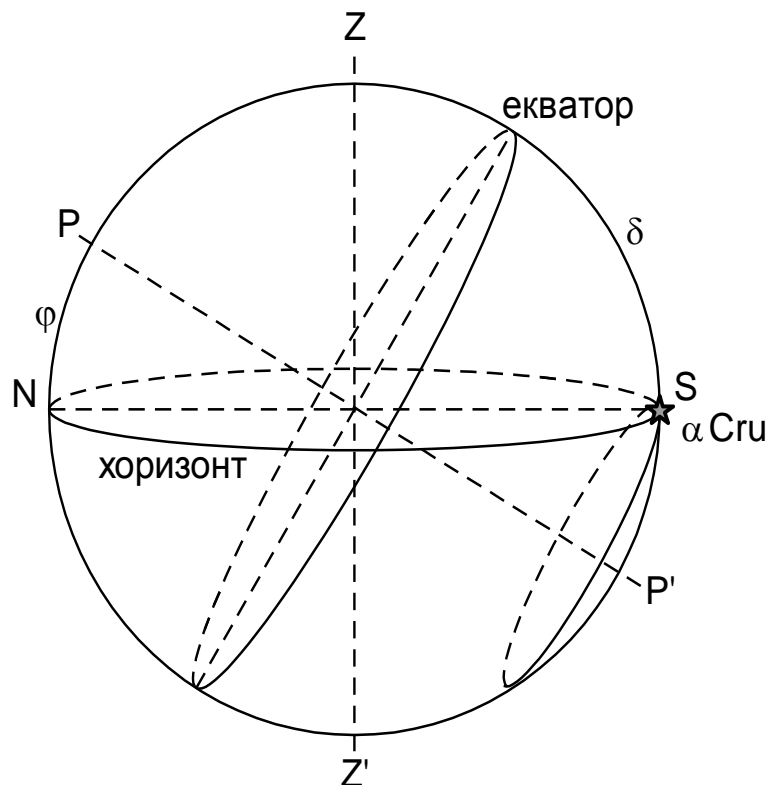
$$42^{\circ}42' - 26^{\circ}54'04'' = 15^{\circ}47'56'' \approx 15^{\circ}.7989$$

В километри това ще бъде:

$$s = 2\pi R \cdot \frac{15^{\circ}.7989}{360^{\circ}}$$

където R е радиусът на Земята.

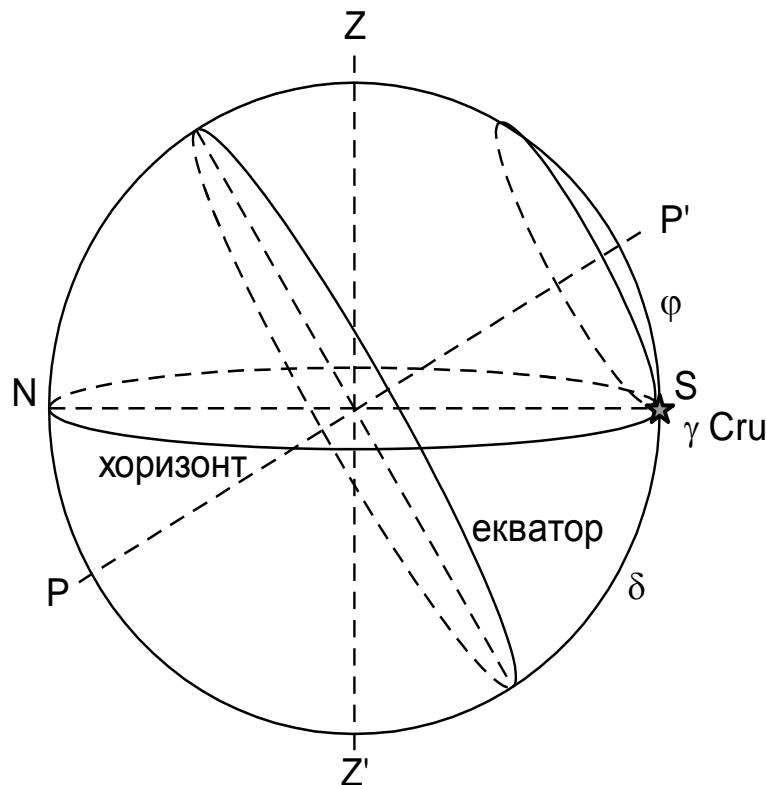
$$s \approx 1756 \text{ km}$$



От това място бихме могли да видим Южния кръст само за кратко време, докато е над хоризонта. Ако това се случва, когато и Слънцето е над хоризонта, то няма как да видим съзвездието. Ректасцензиите на звездите са малко по-големи от 12^h . Следователно най-неблагоприятният период за неговата видимост ще бъде през есента.

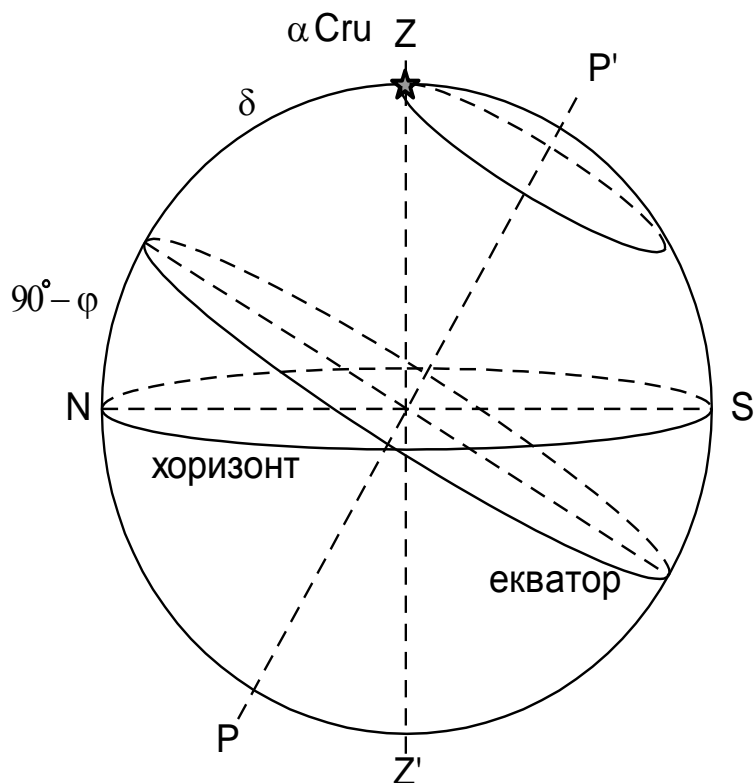
За да е незалязващо съзвездието, трябва звездата от него с най-северна деклинация да е в долна кулминация на самия хоризонт или над хоризонта. Това е звездата γ Cru. Областта, за която съзвездието ще е незалязващо, се намира около южния полюс на Земята и е ограничена от паралела с географска ширина, която намираме от условието:

$$\varphi = 90^\circ - 57^\circ 06' 52'' = 32^\circ 53' 08'' \text{ ю.ш.}$$



На знамето съзвездието е изобразено така, както изглежда за наблюдател, който го вижда в горна кулминация в южната част от небето. Ако наблюдателят се намира на достатъчно по-южна географска ширина, през цялото време съзвездието ще изглежда обърнато на 180° . Това ще е валидно за област около южния земен полюс, ограничена от паралел, за който най-южната звезда от съзвездието кулминира в зенита. Географската ширина на този паралел е равна на деклинацията на тази звезда:

$$\varphi = 63^\circ 05' 56''$$



Звездата под британския флаг вляво от Южния кръст, ако съдим по голямата ѝ яркост, би могла да е α от съзвездието Центавър, а ако съдим по доста близкото ѝ разположение до Южния кръст, би могла да е β Центавър.

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

За правилно означаване на звездите – 4 т.

За определяне на ширината на мястото, откъдето поне понякога може да се види Южният кръст, и посоката, в която трябва да тръгнем от София – 2 т.

За определяне на разстоянието дотам в километри – 2 т.

За обяснение кога през годината не бихме могли да виждаме съзвездието – 2 т.

За определяне на областта, където съзвездието е незалязващо – 2 т.

За определяне на областта, от която то се вижда на обратно – 2 т.

За предположение коя трябва да е ярката звезда вляво – 1 т.

3 задача. Пълно лунно затъмнение. Вие ръководите Дружеството на любителите на лунни затъмнения и сте решили да поставите рекорд, с който окончателно ще сломите конкуренцията на Дружеството на любителите на слънчеви затъмнения. Планирате масови фотографски наблюдения на предстоящото лунно затъмнение на 28 септември 2015 г. и искате това да бъде затъмнението, заснето от най-много географски пунктове на Земята. За целта трябва да изпратите съобщения до всички свои привърженици по света, които ще могат да видят затъмнението.

Ето характерните моменти на лунното затъмнение по Гринуичко време:

Начало на пълната фаза – 02 ч. 11 м.

Момент на максимална фаза – 02 ч. 47 м.

Край на пълната фаза – 03 ч. 23 м.

- А) На каква географска дължина в момента на масимална фаза на затъмнението Луната ще бъде в горна кулминация?
- Б) Приблизително в каква посока ще се вижда в този момент Луната от София?

- В) Определете приблизително от какви географски дължини по Земята пълната фаза на затъмнението ще може да се наблюдава от началото до края.

Решение:

В момента на максимална фаза на затъмнението Луната е в положение, почти точно противоположно на положението на Слънцето по небесната сфера. За мястото, където тя е в горна кулминация в този момент, Слънцето е в долна кулминация. Следователно за това място е полунощ по местно слънчево време. За Гринуичкия меридиан по същото време е 02 ч. 47 мин. Оттук заключаваме, че въпросното място е на 02 ч. 47 м. западна дължина.

София е на около два часа източно от Гринуич. За София в този момент ще е още по-късно по местно време в сравнение с Гринуичкото време. Луната ще е минала през горната си кулминация и трябва да се вижда на юг – югозапад.

Колкото по на запад отиваме, толкова по-рано по местно време ще е затъмнението. Твърде на запад ще се случва така, че в началото на затъмнението Луната още няма да е изгряла над хоризонта. Границата на видимост ще е на географската дължина, за която началото на затъмнението е в момента на изгрева на Луната. Понеже датата е близка до есенното равноденствие, можем да считаме, че моментът на залеза на Слънцето е около 18 ч. и тогава приблизително изгрява Луната. Началото на затъмнението е в 02 ч. 11 м. по Гринуичко време. В този момент Луната е била в горна кулминация за 02 ч. 11 м. западна географска дължина и е изгрявала местата, които са на 6 часа западно от този меридиан, т.е. на 08 ч. 11 м. западна дължина.

Ако отиваме на изток, моментите на затъмнението ще са все по-късно по местно време. Твърде на изток Луната вече може да е залязла преди края на затъмнението. Източната граница на видимост на затъмнението ще е на 6 ч. източно от меридиана със западна дължина 03 ч. 23 м., т.е. на 02 ч. 37 м. източна дължина.

Затъмнението ще се вижда от началото до края в зоната между 02 ч. 37 м. източна дължина и 08 ч. 11 м. западна дължина.

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

За определяне на географската дължина, на която в максималната фаза Луната ще кулминира – 4 т.

За определяне на посоката, в която Луната ще се вижда от София – 3 т.

За правилни разсъждения относно западната граница на видимост на цялото затъмнение – 3 т.

За правилна числена стойност на дължината – 1 т.

За правилни разсъждения относно източната граница на видимост на цялото затъмнение – 3 т.

За правилна числена стойност на дължината – 1 т.

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг, 03 май 2015 г., Добрич

ТЕМА ЗА ВЪЗРАСТОВА ГРУПА – VII-VIII КЛАС

Практически кръг
Решения

1 задача. Частично лунно затъмнение. На снимката виждате последователни положения на Луната в небето по време на частичното лунно затъмнение на 26 юни 2010 г. На листа от прозрачно фолио, с който разполагате, е начертан кръг с размера на земната сянка в мащаба на снимката.

- А) Постройте положението на земната сянка, съответстващо на всяко от положенията на Луната.
- Б) Определете приблизително ъгловата скорост на видимото денонощно движение на Луната в градуси за час.
Видимият ъглов диаметър на Луната е 0.5° .

Решение:

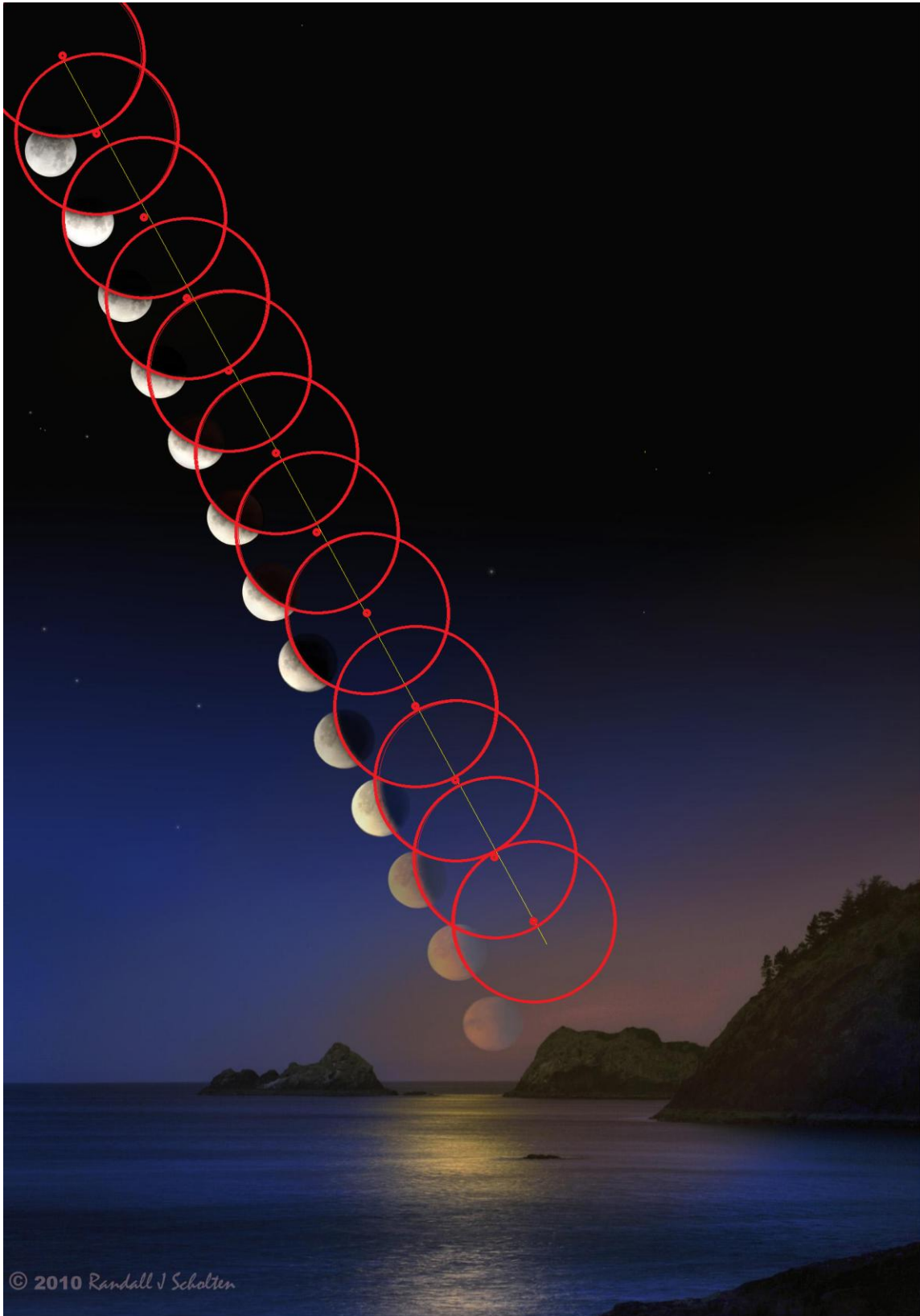
За всяко положение на Луната нагласяме прозрачното листче така, че кръгът да съответства на положението на земната сянка. С помощта на острието на пергела отбелязваме центъра на сянката. Така получаваме поредица от точки, през които прекарваме права линия. Виждаме, че тя не е успоредна на линията на движение на Луната. Положението на центъра на земната сянка е диаметрално противоположно на положението на Слънцето върху небесната сфера. Ходът на слънчевото време, което използваме, се определя от видимото денонощно движение на Слънцето по небето. Това движение напълно съответства на видимото движение на центъра на земната сянка. Следователно движението на центъра на земната сянка може да ни послужи за измерване на времето.

Избираме две положения на центъра на земната сянка, намиращи се към двата края на правата линия, и измерваме разстоянието между тях. Получаваме 172.5 мм. Измерваме разстоянието между съответните им положения на Луната. За целта не е удобно да използваме центровете на лунния диск, а по-добре е да измерим разстоянието между пресечните точки примерно на долния край на лунния диск с правата линия, очертаваща движението на Луната. Получаваме 156.5 мм.

Измерваме диаметъра на Луната, който се оказва 10 мм. Като знаем, че той е равен на 0.5° , намираме мащаба на снимката – на 20 мм отговаря 1° . Така определяме, че между двата разглеждани от нас момента центърът на земната сянка е изминал 8.6° по небето, а центърът на Луната – 7.8° . Видимото денонощно движение на земната сянка, а значи и на Слънцето, става от изток на запад. Причината Луната да изостава от него е, че Луната извършва орбитално движение около Земята от запад на изток.

Времето, изминало между двата избрани от нас момента можем да определим по движението на земната сянка със следната пропорция:

$$\Delta t = 24^h \cdot \frac{8.6^\circ}{360^\circ} \approx 0.575^h$$



За същото време Луната е изминала 7.8° и нейната скорост на видимо денонощно движение по небето е:

$$\omega = \frac{7.8^\circ}{0.575^h} \approx 13.6^\circ/\text{час}$$

Като използваме тази скорост, можем да пресметнем с колко градуса Луната изостава от Слънцето в денонощие. Скоростта на видимото денонощно движение на Слънцето е 15%/час. Следователно за един час Луната изостава от Слънцето с $15^\circ - 13.6^\circ = 1.4^\circ$. За едно денонощие изоставането ще бъде $1.4^\circ \times 24^h = 33.6^\circ$. Това е твърде висока стойност. Действителната величина е около 12.2%/час. Нашият резултат показва, че снимката не представлява насложени кадри с действителни положения на Луната по небето, а заснетите положения на Луната са подредени върху кадъра на около три пъти по-малко разстояние един от друг с цел постигане на по-впечатляващ ефект.

Критерии за оценяване (общо 13 т.)

За построяване на изображенията на земната сянка – 4 т.

За правилна теоретична постановка на решението – 4 т.

За измервания и определяне на мащабите – 3 т.

За пресмятания и краен резултат – 2 т.

2 задача. Противостояния и квадратури. Когато се случи Марс да бъде в съзвездието Скорпион, се наблюдава красива гледка. Червената планета си съперничи по блясък и цвят с червената звезда Антарес. Името е дадено на звездата именно затова – то идва от Анти-Арес, т.е съперническа си с Арес – древногръцкия бог на войната.

- А) Ако при дадено противостояние Марс е в съзвездието Скорпион, в кое съзвездие ще бъде той при следващото си противостояние?
- Б) Колко време след едно противостояние Марс ще е в източна квадратура?
- В) Нека в даден момент за нас Марс е в източна квадратура и е в съзвездието Скорпион. За марсиански наблюдател в същия момент Юпитер е в западна квадратура. В кое съзвездие ще е Юпитер за наблюдател на Земята?

Начертайте в подходящ мащаб орбитите на Земята и Марс и решете задачата графично.

Справочни данни:

Радиус на орбитата на Марс – 1.5 а.е.

Радиус на орбитата на Юпитер – 5.2 а.е.

Орбитален период на Марс – 687 дни

Решение:

Първо намираме синодичния период на Марс T_{SYN} от равенството:

$$\frac{1}{T_{SYN}} = \frac{1}{T_O} - \frac{1}{T_M}$$

където T_O е орбиталният период на Земята, а T_M – сидеричният период на Марс.

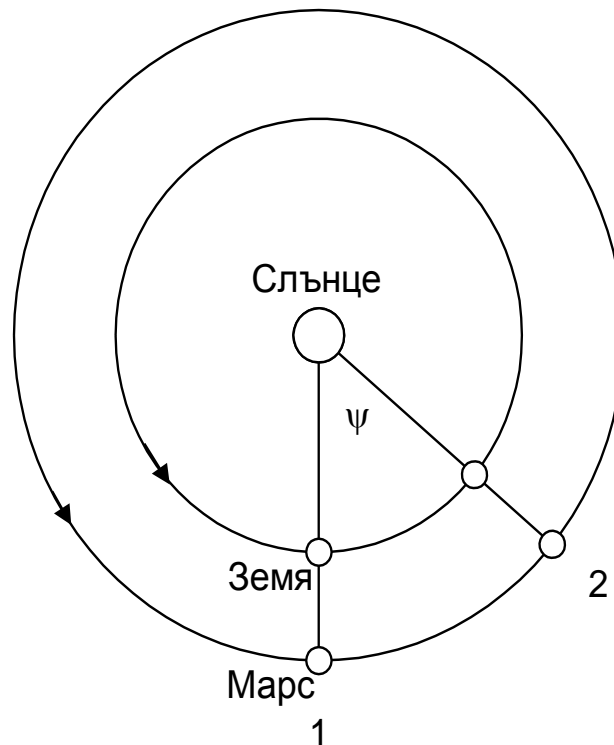
$$T_{SYN} = \frac{T_O T_M}{T_M - T_O} \approx 780 \text{ денонощия}$$

Оттук намираме, че синодичният период на Марс се равнява на две земни години и 49.5 денонощия. Това съответства на завъртане на Земята по нейната орбита на ъгъл:

$$\psi = 360^\circ \cdot \frac{49.5}{365.25} \approx 48.7^\circ$$

Начертаваме орбитите на Земята и Марс около Слънцето. Нека отбележим с 1 линията, на която се случва първото противостояние. Тогава следващото противостояние ще се случи на линията 2, която е завъртяна на ъгъл ψ спрямо първата в посоката на

движение на планетите. Ако при първото противостояние Марс се е наблюдавал в съзвездието Скорпион, то при второто той ще е най-вероятно в Козирог.



При орбиталното си движение Марс изостава от Земята. След противостояние, за да бъде в източна квадратура, Марс трябва да изостане с ъгъл $\chi = 49^\circ$ назад от Земята. Този ъгъл определяме, като го измерим на чертежа. Това става след интервал от време, равен на $49^\circ/360^\circ$ части от синодичния период, или приблизително 106 дни.

Начертаваме в мащаб орбитите на Земята, Марс и Юпитер. Отбелязваме положенията на Марс спрямо Земята в източна квадратура и на Юпитер спрямо Марс в западна квадратура. Свързваме с права линия Земята и Юпитер и измерваме ъгъла Марс-Земя-Юпитер. Той се оказва 118° . Ако Марс е в Скорпион, то Юпитер е на около четири зодиакални съзвездия по на изток, т.е. в Риби.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилен метод за определяне на ъгъла ψ - 2 т.

За правилен извод в кое съзвездие ще е следващата опозиция на Марс - 2 т.

За правилен начин на определяне след колко време Марс ще е в източна квадратура - 1 т.

За верен числен резултат - 1 т.

За правилен чертеж на Земята, Марс и Юпитер - 3 т.

За определяне на ъгъла Юпитер-Земя-Марс - 1 т.

За правилно определяне в кое съзвездие ще е Юпитер - 2 т.

