

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА  
XIX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ**

**Критерии за оценяване на темата  
за общинския кръг на олимпиадата по астрономия  
2015-2016 учебна година  
Възрастова група IX-X клас**



**1 задача. Велики астрономи.**

Дадена ви е снимка на Луната. Отбележете върху нея кратерите, които носят имената на следните велики учени:

- Датски астроном, извършил системни наблюдения на планетите и звездите.
- Немски астроном, използвал същите тези наблюдения, за да открие законите, описващи движенията на планетите
- Древногръцки астроном – един от първите поддръжници на идеята, че Земята и планетите се движат около Слънцето.
- Полски астроном, развил хелиоцентричния модел на света.

**Решение:**

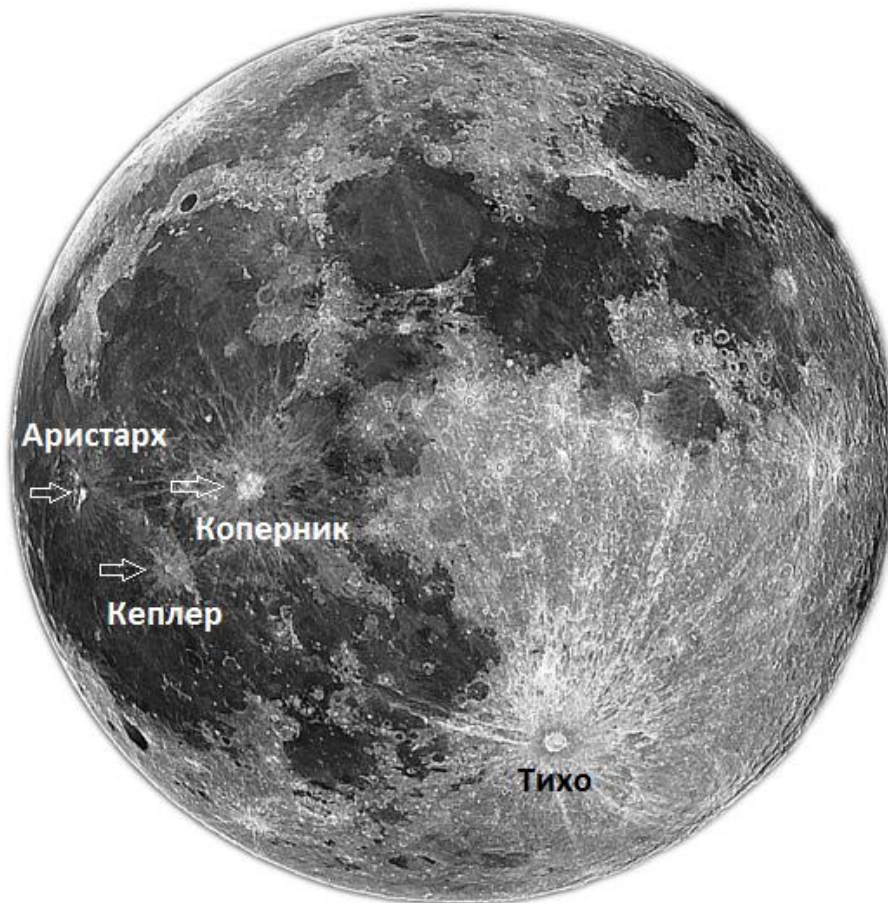
Забележителният датски астроном Тихо Брахе (1546 – 1601 г.) е живял по времето непосредствено преди изобретяването на телескопа. Извършвайки системно астрономически наблюдения с невъоръжено око и с помощта на ъгломерни инструменти, като квадранти, които сам е конструирал, той е събрал в продължение на десетилетия безценен архив от данни, който е използван от немския астроном Йохан Кеплер (1571 – 1630 г.). Кеплер е открил законите, описващи движенията на планетите. Един от първите защитници на идеята, че Земята не е неподвижен център на Вселената, а заедно с другите планети се движи около Слънцето, е древногръцкият астроном Аристарх (310 – 230 г. пр.н.е.). Полският астроном, развил и обосновал хелиоцентричния модел на света, е Николай Коперник (1473 – 1543 г.).

Кратерите, носещи имената на тези астрономи, са означени на фигурата по-долу.

Критерии за оценяване (общо 10 точки):

*За правилно посочено име на всеки астроном –  $1.5 \times 4 = 6$  т.*

*За правилно означен кратер –  $1 \times 4 = 4$  т.*



**2 задача. Вечно пладне.** Намирате се на екватора на Земята. По целият екватор някой е построил магистрала и може да обикаляте Земята без да се спирате. Разполагате с различни превозни средства: камила, велосипед, мотор, спортен автомобил, болид от Формула 1 и реактивен автомобил, който може да се движи със свръхзвукова скорост. Поставили сте си задача за вас Слънцето никога да не залязва и по възможност да бъде вечно пладне. Тръгвате в деня на пролетното равноденствие.

- В каква посока трябва да се движите и средно с каква скорост? Кое превозно средство ще си изберете за вашето пътешествие?
- Ако наистина се движите така, че да е вечно пладне, то как ще изглежда за Вас видимият път на Слънцето по небето, в течение на годината?

**Решение:**

За да бъде Слънцето непрекъснато в горна кулминация, ние трябва да се движим в посока, противоположна на въртенето на Земята около оста ѝ. Скоростта на движение трябва да е равна на скоростта на движение на точка от екватора, относно линията Земя – Слънце. Следователно трябва за 1 слънчево денонощие да изминаваме една цяла дължина на екватора.

Екваториалният радиус на Земята е  $R_E = 6378 \text{ km}$ . Тогава дължината на земния екватор е:  $L = 2\pi R_E = 40074 \text{ km}$ . Това разстояние трябва да изминаваме за 24 часа. Скоростта, с която следва да се движим, е  $v = L / T$ , където  $T = 24\text{h}$  е продължителността на средното слънчево денонощие.

Скоростта е:  $v = 40074 / 24 = 1669.75 \text{ km/h}$

От изброените превозни средства единствено реактивен автомобил, който може да се движи със свръхзвукова скорост, би ни свършил работа. При това той трябва да се движи със скорост, надвишаваща скоростта на звука повече от 1.4 пъти.

Земята се движи по елиптична орбита. Вследствие на това видимото движение на Слънцето по небето е неравномерно. Когато Земята е близо до перихелия на своята орбита, тя се движи по-бързо, а когато е около афелия на орбитата си – по-бавно. Затова и видимото движение на Слънцето, относно звездите, се мени в течение на годината. Освен това оста на Земята е наклонена относно перпендикуляра към равнината на орбитата. Затова деклинацията на Слънцето непрекъснато се променя, а следователно се променя и максималната височина на Слънцето над хоризонта, на която то се издига през деня. Движейки се със скоростта на “средното Слънце” по земната повърхност, в посока противоположна на въртенето на Земята, ние ще виждаме Слънцето да си променя височината над хоризонта, като се движи в ивица около небесния екватор, отдалечавайки се на юг и на север от него на ъгъл, равен на ъгъла на наклона на земната ос –  $23^{\circ}27'$ . Ако движението ни по земната повърхност е с постоянна средна скорост, то видимото движение на Слънцето ще описва analema – несиметрична осморка, разположена перпендикулярно на екватора. Ако, обаче, искаме Слънцето да е непрекъснато в горна кулминация, то трябва скоростта ни да се мени. Когато Земята е близо до перихелия на орбитата си, тя се движи по-бързо и трябва да дозавърта допълнителен ъгъл, за да застане дадена точка от екватора отново на пладнената линия. Тогава истинското слънчево денонощие е по-дълго и следователно скоростта, с която трябва да се движим, е по-малка. И обратно, когато Земята е близо до афелия на орбитата си, трябва да се движим малко по-бързо от средната скорост. Ако непрекъснато съобразяваме своето движение със скоростта на движение на Земята по нейната орбита, то тогава Слънцето винаги ще се намира за нас в горна кулминация и видимото му движение ще се извършва само във вертикална посока, по направление на меридиана на мястото. То ще описва отсечка с дължина  $46^{\circ}54'$ , разположена симетрично относно небесния екватор. Разбира се, движението на Слънцето по отсечката ще бъде неравномерно.

*Критерии за оценяване (общо 10 т.):*

*За определяне в каква посока трябва да се движим по екватора и обяснение за скоростта – 2 т.*

*За пресмятане на скоростта и избиране на превозното средство – 3 т.*

*При описанието на видимия път на Слънцето:*

*За отчитане на изменението на височината на Слънцето над хоризонта и посоката, в която то ще се вижда, т.е. за описание на видимото движение на Слънцето по направление на меридиана на мястото – 3 т.*

*За отчитане на забавянето и избързването на Слънцето, т.е. за описание на видимото движение на Слънцето перпендикулярно на меридиана на мястото – 2 т.*

**3 задача. Планетни конфигурации.** Разполагате със схематично начертани орбити на първите пет планети от Слънчевата система (Фиг.1). Положението на Земята е посочено с черна точка. Дадени са десет различни положения на планети по техните орбити. Намерете информация за характерните конфигурации, в които могат да бъдат планетите – съединения, противостояние (опозиция), максимални елонгации, квадратури.

- От гледна точка на земния наблюдател в какви характерни конфигурации се намират планетите в положенията, дадени на Фиг. 1?
- Измежду дадените положения на планетите има ли такива, в които не са в никоя от характерните конфигурации? Ако има, посочете кои са те.

*Упътване: Не забравяйте взаимните явления между планетите, наблюдавани от Земята.*

**Решение:**

На фигурата са представени схематично орбитите на пет планети от Слънчевата система – Меркурий, Венера, Земята, Марс и Юпитер. Две от планетите са вътрешни – Меркурий (в положения 1 и 2) и Венера (в положения 3 и 4). Другите две планети са външни – Марс (в положения 5, 6 и 7) и Юпитер (в положения 8, 9 и 10). Приемаме, че както обикновено се дават подобни схеми, движението на планетите около Слънцето става в посока обратна на часовниковата стрелка, т.е. ние гледаме откъм северния еклиптичен полюс.

Меркурий в положение 1 се намира в максимална източна елонгация.

Меркурий в положение 2 се намира в долно съединение.

Венера в положение 3 е в максимална западна елонгация.

Марс в положение 5 е в съединение (със Слънцето).

Марс в положение 7 е в източна квадратура.

Юпитер в положение 8 е в противостоене (опозиция).

Меркурий в положение 2 и Марс в положение 5 са в съединение.

Венера в положение 1 и Марс в положение 6 са в съединение.

Венера в положение 3 и Юпитер в положение 9 са в съединение.

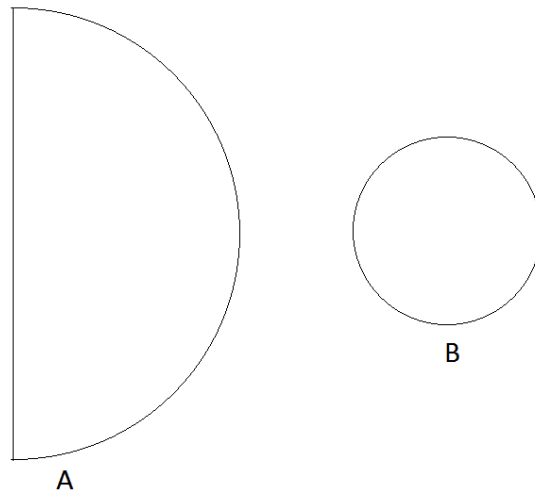
Венера в положение 4 и Юпитер в положение 10 не участват в никакви конфигурации.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За всяка от правилно посочените 9 характерни планетни конфигурации и за посочването общо на двете положения, които не съответстват на никоя характерна конфигурация – всичко 10 пункта – по 1 т.*

**4 Задача. Планети.** Астроном любител фотографира със своя телескоп една и съща планета в различни моменти от време. Виждате две от изображенията на планетата на фигурата.

- Направете необходимите измервания и определете коя е тази планета.



Астрономът разполага и с радиотелескоп, чрез който не само наблюдава космическите обекти, но и излъчва във вид на телевизионен сигнал получените от него изображения в космоса – просто за забавление. Но ден след излъчването на горните две изображения, той получава отговор! Отговорът представлява две снимки на друга планета, на които тя е в същите фази, както и заснетата от земния астроном. Само че съотношението на видимия ъглов диаметър във фаза А към този във фаза В е друго и се равнява на около 1.3.

- Коя е била тази друга планета и откъде е била фотографирана?

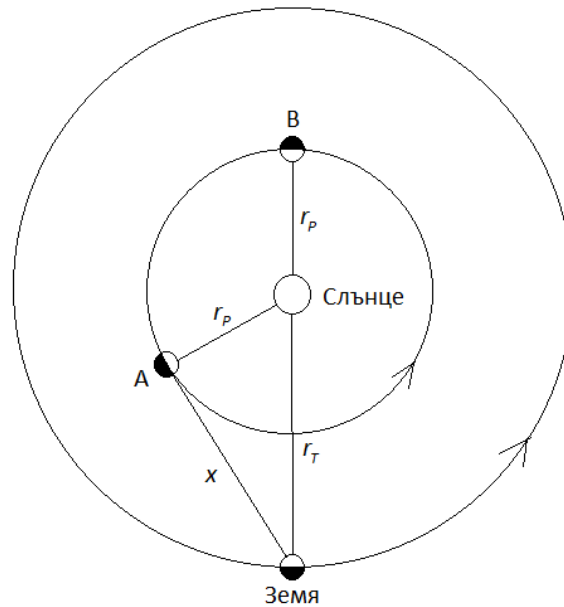
**Решение:**

Първото изображение, означено с А, показва планетата във фаза, каквато може да се наблюдава само при вътрешните планети. Следователно астрономът любител е фотографирал Венера или Меркурий. Изображение А показва планетата в максимална източна елонгация, когато ъгълът, образуван от Слънцето, планетата и Земята, е равен на  $90^\circ$  и планетата се намира на изток от Слънцето за земния наблюдател. Изображение В показва планетата в пълна фаза, каквато би се наблюдавала в горно съединение на планетата със Слънцето. Разбира се, тогава планетата би била на твърде малко ъглово отстояние от Слънцето или въобще би се намирала зад него. Но можем да приемем, че фотографията е направена, когато планетата е била достатъчно близо до това положение, макар и не съвсем точно в него, така че все пак да може да се наблюдава от Земята. Както се вижда от фигурата, в първия случай разстоянието от Земята до планетата е било:

$$x = \sqrt{r_T^2 - r_P^2}$$

където  $r_T$  и  $r_P$  са радиусите на земната и планетната орбити. Във втория случай разстоянието от Земята до планетата е било близко до:

$$y = r_T + r_P$$



Да означим с  $d_A$  и  $d_B$  видимите ъгли диаметри на планетата в двата случая. В сила ще бъде следното съотношение:

$$\frac{d_A}{d_B} = \frac{y}{x} = \frac{r_T + r_P}{\sqrt{r_T^2 - r_P^2}} \quad (1)$$

Намираме информация за радиусите на орбитите на Меркурий и Венера. Те са съответно 0.39 и 0.72 AU (астрономически единици). Радиусът на земната орбита по определение е равен на 1 AU. Като използваме формула (1), пресмятаме отношението на видимите ъгли диаметри на планетата, наблюдавана от Земята в положенията А и В, и получаваме приблизително 1.5. За Венера отношението се равнява приблизително на 2.5. Чрез измерване по даденото изображение получаваме за същото отношение 2.56, което е близко до теоретично пресметнатата стойност за Венера. Следователно астрономът любител е фотографирал планетата Венера.

Очевидно „отговорът“ на излъченото в космоса изображение от земния астроном съдържа изображение на планета, заснета от извънземен астроном. Отговорът е получен ден след излъчването на изображението от земния астроном, следователно извънземният любител на астрономическата фотография не е много далеч от нас – намира се в рамките на нашата Слънчева система. Отношението на видимите ъгли размери на наблюдаваната от извънземния астроном планета в двете фази е 1.3, което е по-малко както от 2.5, така и от 1.5 – стойностите, получени от нас за планетите Венера и Меркурий, гледани от Земята. Това означава, че извънземният астроном се намира доста по-далеч от Слънцето в сравнение с планетата, която наблюдава. Бихме могли да предположим, че в израз на симпатия и космическа солидарност той е изпратил на земния си колега изображения на самата планета Земя. В такъв случай Земята трябва да е вътрешна планета за него. Означаваме с  $r_X$  разстоянието от местоположението на извънземния астроном до Слънцето и използваме формула (1) във вида:

$$\frac{d_A}{d_B} = \frac{y}{x} = \frac{r_X + r_T}{\sqrt{r_X^2 - r_T^2}}$$

Оттук получаваме:

$$r_x = r_T \frac{\left(\frac{d_A}{d_E}\right)^2 + 1}{\left(\frac{d_A}{d_E}\right)^2 - 1}$$

Заместваме отношението на ъгловите диаметри с 1.3 и получаваме  $r_x \approx 3.9$  AU. Извънземният астроном се намира в орбита някъде между орбитите на Марс и Юпитер, по-близо до орбитата на Юпитер.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За идеята, че планетата, заснета от земния астроном, е вътрешна за Земята и намиране на информация за орбиталните радиуси на Меркурий и Венера – 2 т.*

*За правилно представяне на положенията А и В на планетата относно Слънцето и Земята в двете наблюдавани фази – 2 т.*

*За правилни пресмятания и верен числен отговор – 3 т.*

*За правилни пресмятания относно планетата, наблюдавана от извънземния астроном и неговото положение – 2 т.*

*За правилен числен отговор – 1 т.*

*Забележка: Това не е единственото решение и ако участникът предположи, че извънземният астроном е наблюдавал друга планета от Слънчевата система, а не Земята, но направи верни изчисления за нея, то следва да се счита, че решението му е правилно.*

**5 задача. Луната през деня.** Много хора си мислят, че Луната може да се види в небето само през нощта. Опровергайте това твърдение чрез наблюдение. Наблюдавайте Луната през деня. За да успеете, трябва да проявите постоянство. Луната наистина не винаги може да се види на дневното небе. Търсете я всеки път, когато имате възможност.

- Когато откриете Луната в небето през деня, запишете датата и часа на вашето наблюдение. Определете приблизително посоката, в която я виждате. Нарисувайте фазата на Луната.

- Направете схема на която да се виждат: Земята, лунната орбита около нея и посоката, от която идват слънчевите лъчи. Нанесете приблизително положението на Луната върху орбитата в момента на вашето наблюдение.

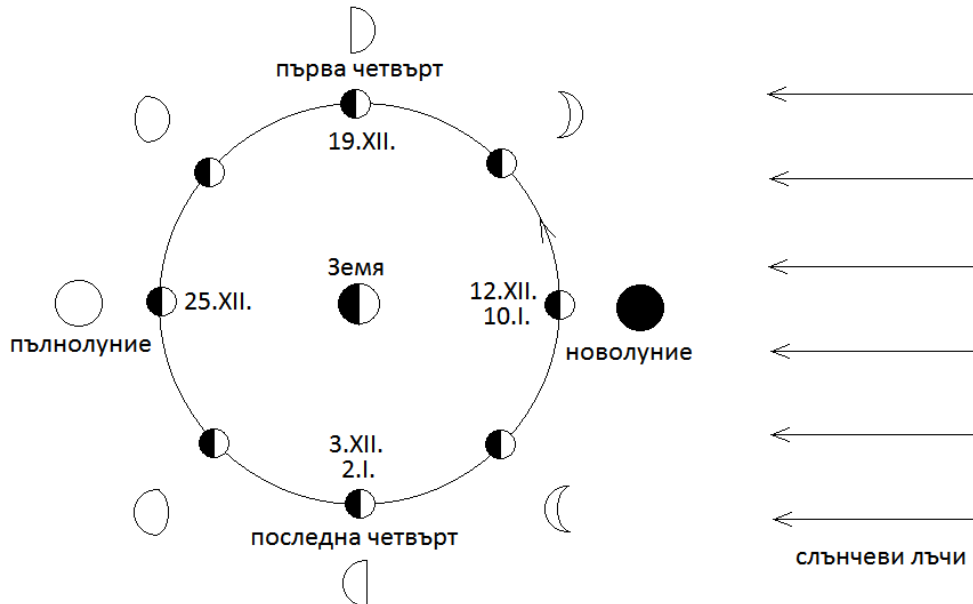


- Снимката на Земята, която виждате, е направена от американски космонавти при един от пилотираните полети до Луната. Определете в кой сезон от годината и приблизително в колко часа по българско време е направена тя. Вероятно вие можете да откриете отговорите в Интернет, но истинската задача е да опишете разсъжденията, чрез които ще стигнете до тях сами.



### Решение:

На фигурата по-долу е представена лунната орбита около Земята и положенията на Луната в различни фази. До всяко положение на Луната по нейната орбита е дадена в леко увеличен размер рисунка, показваща как изглежда нашият спътник в съответната фаза за земен наблюдател в северното полукълбо. За обща ориентация са написани и датите, на които Луната е била в четирите основни фази през декември 2015 г. и първата половина на януари 2016 г.



При пълнолуние Луната за земния наблюдател се намира в посока противоположна на посоката към Слънцето. Тогава тя изгрява със залеза на Слънцето вечер и залязва с изгрева на Слънцето сутрин. Т.е. в тази фаза Луната е над хоризонта само през нощта и не може да се види през деня. Това е в сила, разбира се, ако смятаме за ден времето от изгрева до залеза на Слънцето, без да включваме интервалите на полумрак. Трудно бихме видели Луната и около новолуние, когато тя е твърде близо до Слънцето и се губи в неговите лъчи. Във всички останали фази можем по принцип да видим Луната през деня.

Във времето два-три дни след новолуние на дневното небе Луната изгрява в малко по-късните утринни часове и оттам нататък може да се вижда през целия ден. С всеки следващ ден часът на изгрева на Луната става все по-късен. Във фаза първа четвърт тя изгрява около обяд и се вижда през втората половина на деня. С приближаване на пълнолунието Луната може да се види на дневното небе на изток за все по-кратък интервал в следобедните часове преди залеза на Слънцето. След пълнолунието Луната започва да се вижда на дневното небе сутрин на запад, след изгрева на Слънцето. В следващите дни часът на нейния залез става все по-късен и тя може да се вижда за все по-дълъг интервал от време на запад преди обяд.

Снимката на Земята е била направена, когато космическият кораб се е намирал в такава позиция, че Земята е била обърната към него практически изцяло с осветената си от Слънцето страна. Вижда се добре континентът Антарктида и южният полюс, Арктика и северният полюс не се виждат. Те попадат в неосветената от Слънцето част на Земята. Оттук заключаваме, че на северния полюс е приблизително около средата на полярната



нощ, а на южния полюс – около средата на полярния ден – Следователно снимката е направена през зимата за нашето северно полукълбо на Земята.

В действителност снимката е направена на 7 декември 1972 г. от екипажа на кораба Аполо 17 – последната пилотирана мисия до Луната.

Тъй като към нас е обърната осветената от Слънцето страна на Земята, можем да смятаме, че по меридиана, минаващ през центъра на тази видима страна на нашата планета, е около пладне – 12 ч. Ако се вгледаме добре в най-горната част на земното кълбо, ще различим Средиземно море, което се намира леко на запад от този централен меридиан. Земята, както знаем, се върти около оста си от запад на изток и това означава, че моментът, когато е била направена снимката, е бил около 11 часа по българско време. До същото заключение можем да стигнем и ако по снимката определим някои характерни точки то земната повърхност, през които минава централният меридиан на видимата от космическия кораб страна на Земята. После, като използваме печатни или компютърни географски карти, можем да определим приблизително географската ширина на този меридиан и да я сравним с географската ширина на централния меридиан на втория часови пояс, в който се намира нашата страна.

#### Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*Забележка: Даденото по-горе описание на дневната видимост на Луната в различни фази е предназначено само за ориентация на проверяващите, които ще трябва да оценяват решенията на ученици, наблюдавали Луната в различни времена и фази. От учениците не се изисква подобно описание на всякакви случаи, а само за конкретната ситуация, в която са видели Луната.*

*За записване на датата и часа на наблюдението – 1 т.*

*За правилно определяне на посоката, в която се вижда Луната – 2 т.*

*За зарисовка на фазата на Луната – 1 т.*

*За начертаване на схема и правилно нанасяне на положението на Луната по нейната орбита – 2 т.*

*За определяне на сезона, когато е направена снимката – 2 т.*

*За определяне на времето от денонощието – 2 т.*

**6 задача. Затъмнение.** Представете си, че се намирате в центъра на видимата страна на Луната. Предстои да се случи лунно затъмнение. На Фиг. 2 е дадено взаимното положение на Луната и сянката на Земята, както и пътят на Луната през земната сянка. Положението на Луната е дадено за 20<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> UT. Определете моментите на четирите контакта (от 1-ви до 4-ти) на Луната със сянката на Земята, както и моментът на максималната фаза на затъмнението. Използвайте дадената схема като правите построения и измервания върху нея.

Опишете качествено какво ще виждате, гледайки към Земята, от центъра на видимата страна на Луната, в следните три момента:

1. Когато Луната е навлязла приблизително на една трета от своя диаметър в сянката на Земята;

2. Точно в средата на интервала време между 1-ви и 2-ри контакт на Луната със сянката на Земята;

3. В момента на максималната фаза на затъмнението.

Приемете, че Луната се движи по окръжност с радиус средното разстояние Земя-Луна и със скорост, равна на нейната средна скорост.

### Решение:

На Фиг. 3 с  $A_0$  е отбелязано началното положение на Луната, а положенията, съответстващи на I, II, III и IV контакт с  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  и  $A_4$ . Първи контакт е моментът, когато видимият лунен диск започва да навлиза в земната сянка, втори контакт – когато целият лунен диск вече е покрит от земната сянка, трети контакт – когато лунният диск започва да излиза от сянката на Земята, четвърти контакт – когато вече целият лунен диск е излязъл от сянката. Моментът на максимална фаза е, когато центърът на видимия лунен диск е точно в средата на хордата, по която той пресича земната сянка. Това е точката  $A_{\max}$ .

Да определим момента на максимална фаза на затъмнението. Измерваме разстоянието от  $A_0$  до  $A_{\max}$ , което се равнява на 111 mm. Необходима ни е информация за движението на Луната относно земната сянка. Нашата планета хвърля сянка в посока противоположна на посоката към Слънцето. Следователно трябва да използваме синодичния период на Луната, равен на 29.5 денонощия. Този период е свързан с движението на Луната относно правата Земя-Слънце. За ъглов мащаб ще ни послужи изображението на самата Луна, чиито видим ъглов диаметър е  $0.5^\circ$ . На схемата диаметърът на Луната е 37 mm. Пресмятаме интервала от време между момента, в който Луната е била в точка  $A_0$  и момента на максимална фаза:

$$\Delta t = \frac{0.5^\circ}{37 \text{ mm}} \cdot 111 \text{ mm} \cdot \frac{29.5^d \times 24^h}{360^\circ} \approx 2.95^h = 2^h 57^m$$

Луната е била в точка  $A_0$  в  $20^h 37^m$ . Следователно максималната фаза на затъмнението е била в  $20^h 37^m + 2^h 57^m = 23^h 34^m$ .

Сега измерваме разстоянията  $A_{\max} A_1$  и  $A_{\max} A_2$ . Те са съответно 64 и 19 mm. Тези разстояния ще ни послужат да пресметнем времената от първи и от втория контакт до максималната фаза  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ . Получаваме:

$$\Delta t_1 = \Delta t \cdot \frac{64 \text{ mm}}{111 \text{ mm}} = 1.70^h = 1^h 42^m$$

$$\Delta t_2 = \Delta t \cdot \frac{19 \text{ mm}}{111 \text{ mm}} = 0.50^h = 0^h 30^m$$

Като знаем, че максималната фаза на затъмнението е била в  $23^h 34^m$ , за първия контакт можем да пресметнем, че е бил в  $23^h 34^m - \Delta t_1 = 21^h 52^m$ . За втория контакт получаваме  $23^h 34^m - \Delta t_2 = 23^h 04^m$ . От съображения за симетрия стигаме до заключението, че третият контакт е бил в  $23^h 34^m + \Delta t_2 = 0^h 04^m$ , а четвъртият в  $23^h 34^m + \Delta t_1 = 1^h 16^m$ .

Да си представим, че се намираме на лунната повърхност в центъра на видимата от Земята страна на Луната. В момента, когато Луната е навлязла приблизително на една трета от своя диаметър в земната сянка, ние все още ще сме извън пълната сянка на Земята, но ще се намираме в нейната полусянка. От тази позиция ние ще виждаме частично слънчево затъмнение. Все пак ще се намираме доста близо до границата на земната сянка и следователно по-голямата част от Слънцето ще бъде вече покрита от Земята, но малка част от слънчевия диск все още ще се вижда.

Точно по средата между първи и втори контакт центърът на видимия от Земята лунен диск – точката от лунната повърхност, където се намираме – ще е вече вътре в сянката на Земята, макар и много близо до нейната граница. Тогава от Луната ние ще виждаме вече пълно слънчево затъмнение. Известно е, че при наблюдение от Земята

видимите ъглови размери на Слънцето и Луната са почти еднакви. Земята, обаче, е около 3.5 пъти по-голяма по диаметър от Луната. Следователно, като гледаме от Луната видимият ъглов диаметър на Земята ще бъде около 3.5 пъти по-голям от този на Слънцето. В разглеждания момент видимият слънчев диск тъкмо ще е навлязъл изцяло зад Земята, малко след момента, в който вътрешно се е допирал до границата на видимия земен диск.

В момента на максимална фаза лунният наблюдател ще вижда пълно слънчево затъмнение, Центърът на видимия слънчев диск ще е по средата на пътя си зад Земята. Като имаме предвид, че орбиталното движение на Луната около Земята става от запад на изток, можем да заключим, че центърът на земната сянка е отклонен на юг от центъра на Луната. Следователно от Луната ще виждаме открита почти цялата северна половина от слънчевата корона, а голяма част от южната половина на слънчевата корона ще бъде закрыта от Земята.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

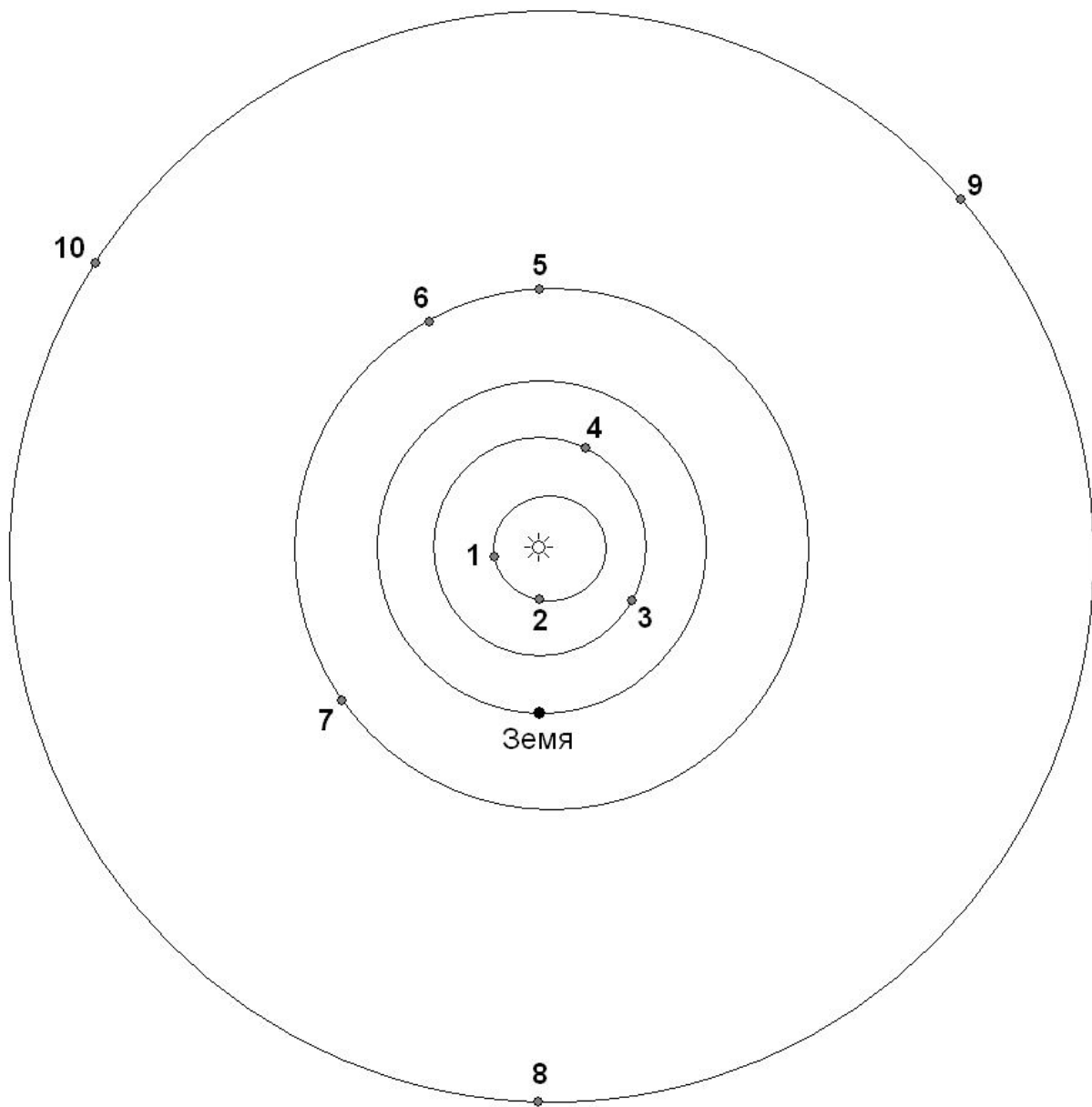
*За правилно начертаване на Луната в I – IV контакти и максималната фаза на затъмнението – 2 т.*

*За правилна идея на метода за определяне на моментите – 2 т.*

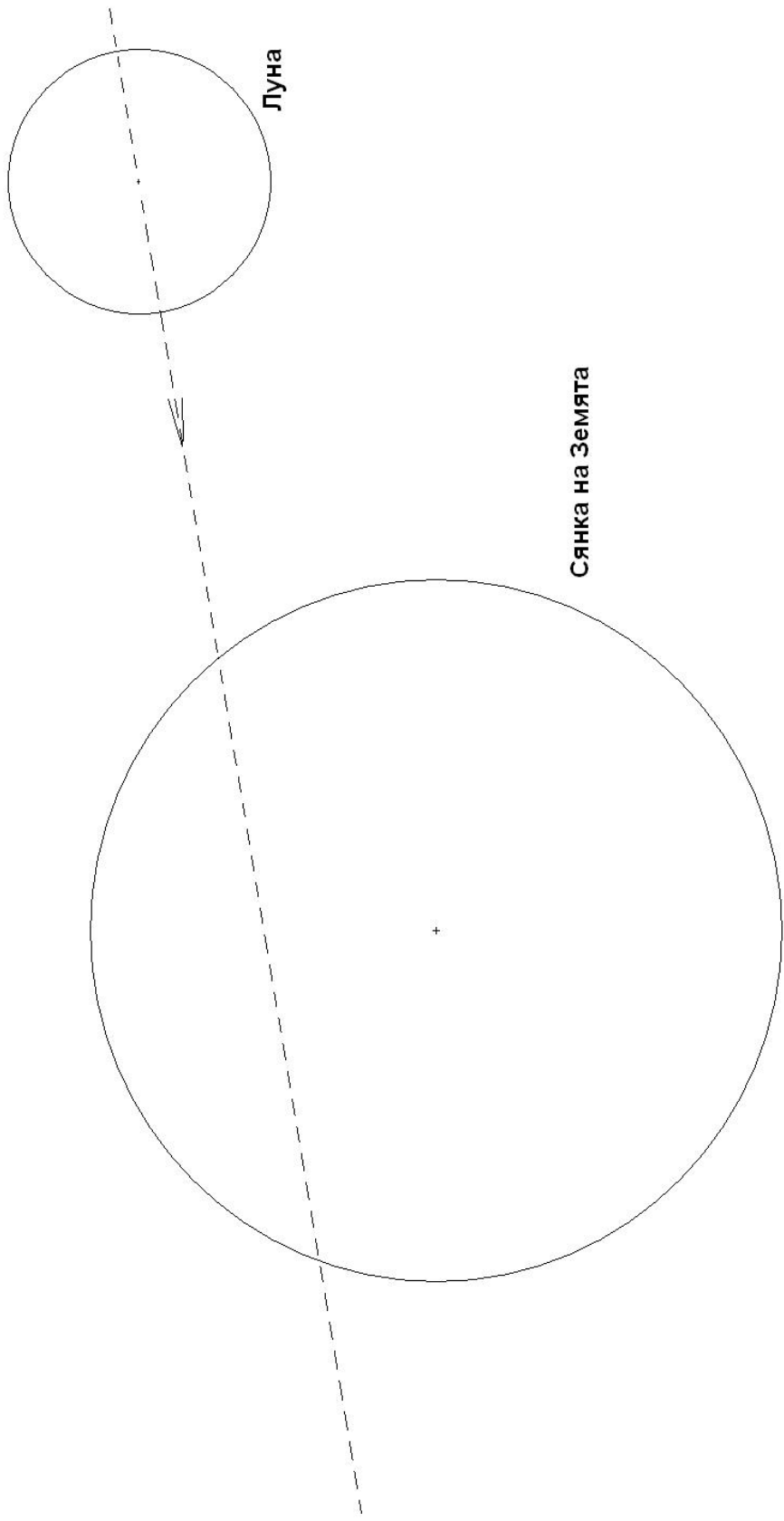
*За измервания и изчисления – 2 т.*

*За правилни числени отговори – 1 т.*

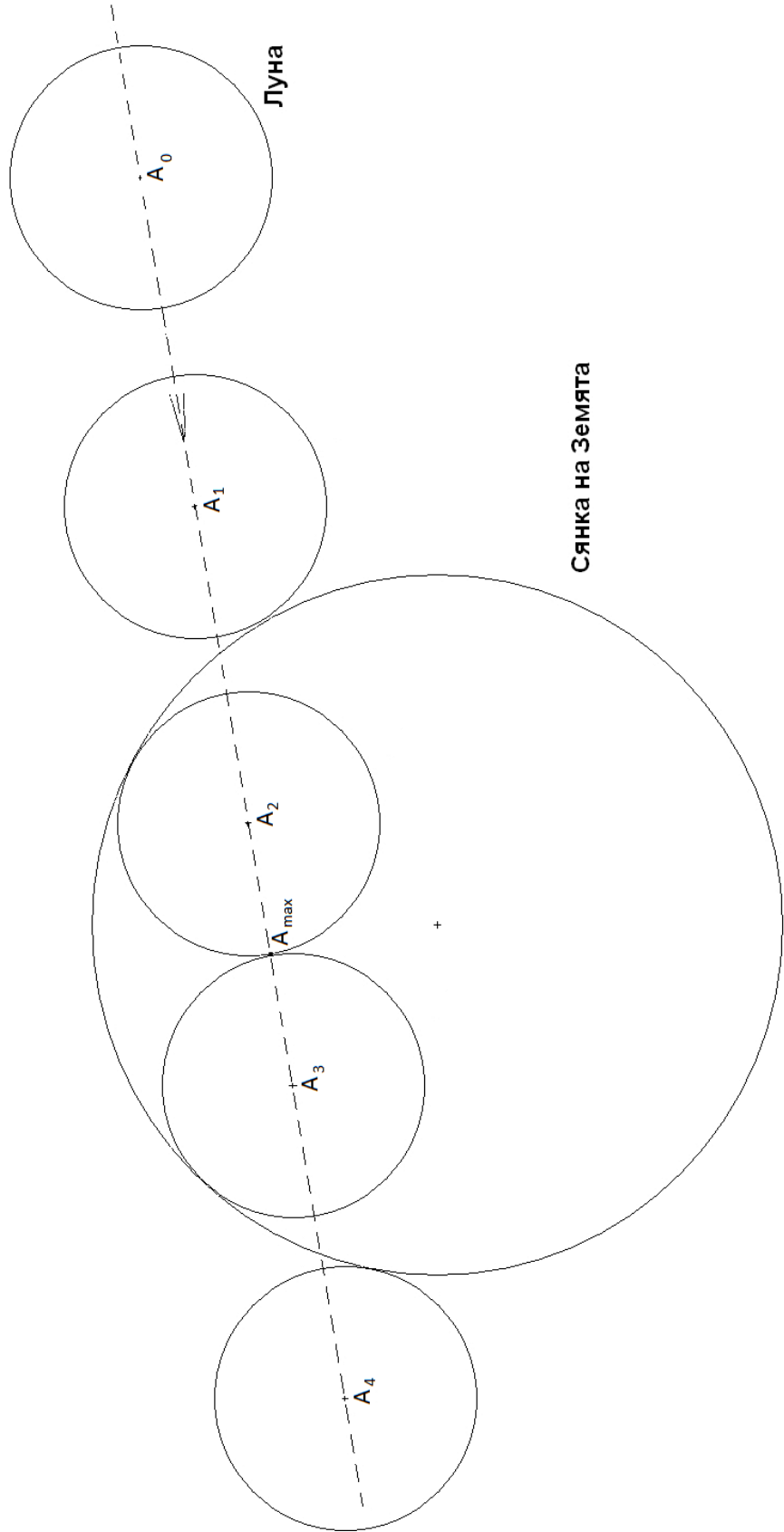
*За правилно описание какво ще се вижда от лунната повърхност в трите посочени момента  $1 \times 3 = 3$  т.*



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3