

# 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 V-VI клас

**1 задача. Космически матрьошки.** Сигурно сте виждали руските традиционни дървени кукли матрьошки. Всяка следваща се отваря на две половини и от нея излиза още една – по-малка.



Представете си, че трябва да направите подобни матрьошки във вид на топки от 17-те най-големи тела в Слънчевата система (без Слънцето). Телата принадлежат към следните три групи: големи планети, планети джуджета, спътници на планетите. Избройте названията на космическите обекти, както биха били подредени в серията матрьошки. За всеки от тях посочете към коя от трите групи принадлежи.

### Решение:

Безспорното първенство тук ще бъде на Юпитер. Той ще представлява най-голямата дървена топка-матрьошка. В групата на големите планети влизат Меркурий, Венера, Земя, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. По големина те се подреждат така:

Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Земя, Венера, Марс, Меркурий

Ако включим обаче и спътниците на планетите, в планетата-матрьошка Марс първо трябва да се постави спътникът на Юпитер Ганимед, а в него – спътникът на Сатурн Титан. В матрьошката Титан ще се побере Меркурий, макар да е от групата на големите планети. В Меркурий трябва да поставим спътниците на Юпитер Калисто и Йо, нашата Луна, после спътника на Юпитер Европа и спътника на Нептун Тритон, който ще бъде 15-тото по големина тяло. Последните две най-малки матрьошки ще бъдат планетите-джуджета Плутон и Ерида (Eris). Общата поредица трябва да изглежда така:

№	Космическо тяло	Вид	№	Космическо тяло	Вид
1	Юпитер	голяма планета	10	Меркурий	голяма планета
2	Сатурн	голяма планета	11	Калисто	спътник на планета
3	Уран	голяма планета	12	Йо	спътник на планета
4	Нептун	голяма планета	13	Луната	спътник на планета
5	Земя	голяма планета	14	Европа	спътник на планета
6	Венера	голяма планета	15	Тритон	спътник на планета
7	Марс	голяма планета	16	Плутон	планета-джудже
8	Ганимед	спътник на планета	17	Ерида	планета-джудже
9	Титан	спътник на планета			

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За подреждане на обектите в правилния ред – 6 т.

За посочване на групите обекти, към които те принадлежат – 4 т.

## 2 задача. Дядо Коледа и Луната.



Картинка 1.



Картинка 2.

За да отговорите на следващите въпроси, потърсете информация за лунните фази в астрономически календари или on-line калкулатори на лунни фази в Интернет.

- Според фазата на Луната, коя от картинките съответства на предстоящата през тази година Коледа?
  - Коя от картинките съответства на миналата Коледа през 2014 г.?
  - За всяка от картинките посочете би ли могла да се види в полунощ или не.
- Отговори единствено с „Картинка 1” или „Картинка 2”, „да” или „не” не се считат за решение на задачата. Обяснете вашите отговори.

### **Решение:**

Проверката в който и да е календар за лунните фази показва, че на Коледа, 25 декември 2015 г. Луната ще бъде във фаза пълнолуние. Следователно тази година Дядо Коледа ще пътешества по Земята с подаръците за всички деца при пълнолуние и това ще изглежда така, както е показано на Картинка 1. Миналата година на 25 декември Луната е била във фаза между новолуние и първа четвърт. Тя се е виждала като сравнително тънък сърп, обърнат с изпъкналата си част надясно (на запад), както е на Картинка 2. Тази картинка отразява ситуацията през 2014 г.

Когато Луната се вижда така, както на Картинка 2, тя е не много високо над западния хоризонт. Слънцето я огрява отлясно и наскоро е залязло под хоризонта. Следователно времето е вечер и не след дълго предстои залезът на самата Луна. Така че в тази ситуация Луната не може да се види в полунощ. На Картинка 1 Луната е в пълнолуние. Тогава тя изгрява от изток вечер със залеза на Слънцето и залязва сутрин с изгрева на Слънцето. Това означава, че Луната се вижда през цялата нощ и изобразеното на тази картинка може да се види в полунощ.

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

*За намиране на лунните фази на 24 или 25 декември 2014 и 2015 г. – 3 т.*

*За определяне коя картинка на кой момент съответства – 3 т.*

*За обяснение дали Луната може да се види в полунощ за всеки от двата случая по 2 т., общо – 4 т.*

**3 задача. Пътешествие.** Лекокрилият Р-р-нс е жител на Прекрасната планета и е решил да извърши пътешествието на живота си, следвайки стародавна традиция. Пътешествието започва от Доброто езеро, намиращо се на екватора. Сутринта Р-р-нс наблюдава изгрева на своето Слънце, после се обръща надясно и полита перпендикулярно на екватора, без повече да променя посоката. След като прелита 3000 км, той стига до Музикалния град. Продължава нататък и след 4500 км се озовава в Стихотворния град. После лети още 7500 км и каца за почивка в Многоцветния град. Следващият полет е още по-дълъг – 9000 км и Р-р-нс вижда пред себе си Танцуващия град. Накрая, след още 12000 км полет, той се връща на брега на родното си езеро.

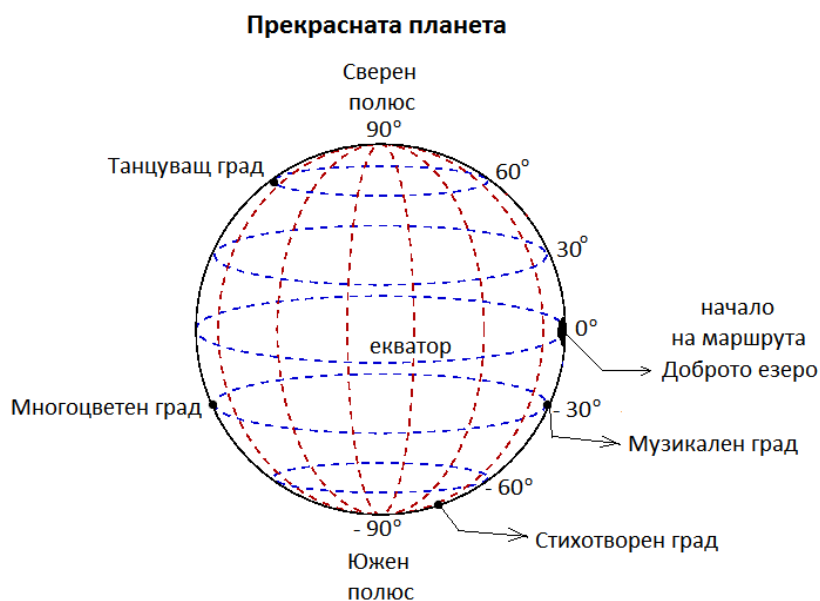
Приемете, че жителите на Прекрасната планета делят окръжността на същото число градуси, като нас, и определете географските ширини на градовете.

### Решение:

Ние делим окръжността на  $360^\circ$ . Същото се отнася и за жителите на Прекрасната планета. От условието става ясно, че лекокрилият Р-р-нс е направил пълна обиколка на планетата, тръгвайки перпендикулярно на екватора. Да пресметнем дължината на тази обиколка:

$$L = 3000 \text{ км} + 4500 \text{ км} + 7500 \text{ км} + 9000 \text{ км} + 12000 \text{ км} = 36000 \text{ км}$$

Това означава, че на преместване от  $1^\circ$  по повърхността на планетата съответства разстояние  $36000 \text{ км} / 360^\circ = 100 \text{ км}$ .



Щом сутринта жителят на планетата е наблюдавал изгрева на тамошното Слънце, то той е гледал на изток. След това се е обърнал надясно и полетял перпендикулярно на екватора. Това означава, че той е тръгнал на юг по меридиана, на който се е намирал. Разстоянието до Музикалния град е 3000 км, което съответства на  $30^\circ$  от екватора. Оттук заключаваме, че Музикалният град се намира на  $30^\circ$  южна ширина. Стихотворният град е с още 4500 км, или  $45^\circ$  по на юг. Следователно той е разположен на  $30^\circ + 45^\circ = 75^\circ$  южна ширина. По-нататък Р-р-нс е продължил да лети на юг и след като е прелетял  $15^\circ$ , той се е озовал на  $90^\circ$  южна ширина, т.е. на южния полюс на планетата. Там той не е правил никакъв завой, продължил е да лети направо, което означава, че е тръгнал вече на

север по противоположния меридиан. Общото разстояние от Стихотвория град до Многоцветния град е 75000 км или  $75^\circ$ . От тях  $15^\circ$  са разстоянието от Стихотворния град до южния полюс и  $60^\circ$  са разстоянието от южния полюс до Многоцветния град. Така заключаваме, че Многоцветният град отстои на  $60^\circ$  от южния полюс и следователно се намира на  $90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$  южно от екватора на планетата. Този град има  $30^\circ$  южна ширина. По-нататък следва 9000 км полет на север към Танцуващия град. Това съответства на  $90^\circ$  разлика в географската ширина. От Многоцветния град до екватора са  $30^\circ$  и остават още  $60^\circ$  до Танцуващия град. Така определяме, че Танцуващият град е на  $60^\circ$  северна ширина. Оттам лекокрилатият Р-р-нс е летял още 12000 км до родното си място около Доброто езеро на екватора. Това са  $120^\circ$  и наистина, от тях  $30^\circ$  са до Северния полюс и остават още  $90^\circ$  докато отново Р-р-нс стигне до началната точка на своя маршрут на екватора.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За определяне на мащабите в градуси географска ширина – 2 т.*

*За определяне на посоката, в която е тръгнал Р-р-нс, и правилна обща представа за маршрута, минаващ през двата полюса – 2 т.*

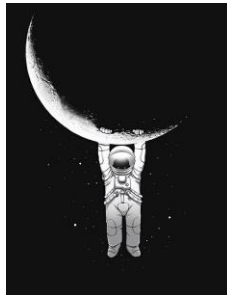
*За пресмятане на ширините на четирите града –  $4 \times 1.5 т. = 6 т.$*

#### 4 задача. Правилно и неправилно.

• На следващата серия картинки виждате наблюдатели с телескоп или бинокъл. Кои от тях гледат по правилния начин и кои – по неправилен начин?



• Кои от ситуациите, изобразени на следващите картинки, са възможни и кои не са възможни? Обяснете защо.



### **Решение:**

Телескопите и бинокълът, показани на снимките, имат два вида основни елементи – обективи и окуляри. Обективите са с по-голям диаметър и събират светлината от наблюдаваните обекти. Окулярите са със значително по-малък диаметър и през тях се гледат увеличените образи на обектите. Наблюдателят на първата снимка вляво гледа по неправилен начин – през обективите на бинокъла, вместо през окулярите. Момчето на средната снимка гледа със своя телескоп по правилния начин – през окуляра. Дори кучето на последната снимка се оказва добър наблюдател – то също гледа през телескопа по правилния начин.

Картинката с висящия от лунния сърп космонавт изобразява невъзможна ситуация. Първо, Луната е кълбо. Като сърп ни изглежда само осветената от Слънцето част на това кълбо. Луната не представлява сърп, за който можем да се хванем с ръце, както е направил нарисуваният космонавт. Второ, в действителност Луната е огромна – милиони пъти по-голяма от човешкия ръст и близо до нея космонавтът би бил незабележима точица, а на рисунката той е голям почти колкото Луната.

На втората рисунка виждаме куче-космонавт на лунната повърхност. Кучето е нарисувано със скафандър. Можем да предположим, че така то е защитено от опасните космически условия. Ако на гърба му има и резервоар със сгъстен въздух за дишане, заедно със система за регулиране на температурата в скафандъра, то тази ситуация е напълно възможна. Още повече, че кучета са летели нееднократно в космоса. Наистина, досега не е изпращано куче на Луната, но нищо не пречи някога това да стане.

На третата рисунка виждаме човек, явно голям мечтател, който се опитва да се изкачи по стълба до Луната. Това очевидно е невъзможно. Разстоянието до Луната е огромно и не може да се построи такава дълга стълба, която при това да остане устойчива и здрава. *Да не говорим, че Земята се върти около себе си много по-бързо, отколкото Луната обикаля в орбита около Земята. Дори да построим такава стълба, то като се изкачим до най-горния ѝ край, ще се движим с огромна скорост поради въртенето на Земята. Когато улучим момент, в който и Луната да се намира на същото място, ще се ударим в нейната повърхност с такава сила, че от това ще се предизвика експлозия и ние буквално ще се изпарим. (Текстът в курсив съдържа по-сложни обяснения, дадени само за информация. Изтъкването на този аргумент не се изисква от участниците).*

Четвъртата картинка представлява фотомонтаж на котка върху истинска снимка на космонавт на лунната повърхност. Котката не би могла да се разхожда така на Луната. За да оцелее, тя трябва да бъде със скафандър, да има въздух за дишане и цялата друга жизнеобезпечаваща екипировка, подобно на кучето на втората рисунка.

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

*За посочване на правилно гледащите през оптичните уреди – 2 т.*

*За посочване на неправилно гледащите през оптичните уреди – 2 т.*

*За посочване на възможните и невъзможните ситуации на втората поредица от картинки и обяснение –  $4 \times 1.5 \text{ т.} = 6 \text{ т.}$*

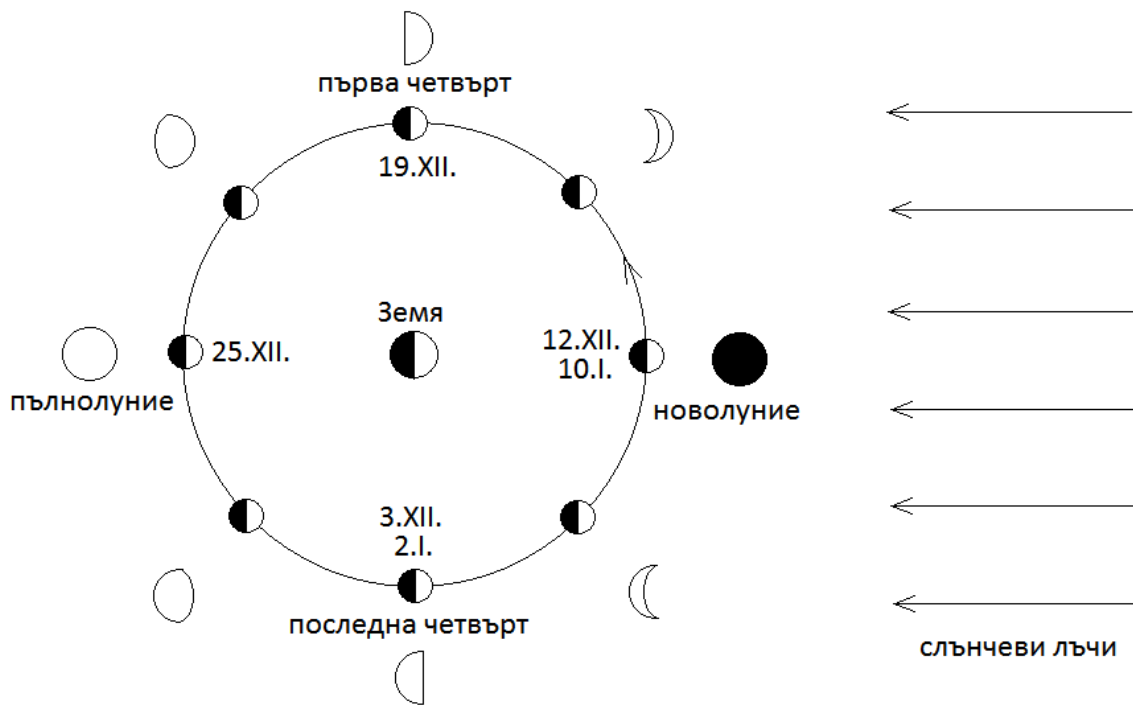
**5 задача. Луната през деня.** Много хора си мислят, че Луната може да се види в небето само през нощта. Опровергайте това твърдение чрез наблюдение. Наблюдавайте Луната през деня. За да успеете, трябва да проявите постоянство. Луната наистина не винаги може да се види на дневното небе. Търсете я всеки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

**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.

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 подробно описание на всякакви случаи, а само за конкретната ситуация, в която са видели Луната.*

*За записване на датата и часа на наблюдението – 2 т.*

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

*За зарисовка на фазата на Луната – 2 т.*

*За начертаване на схема и правилно нанасяне на положението на Луната по нейната орбита – 4 т.*

**6 задача. Хаос в звездното небе.** Дадена ви е звездна карта, която е била разрязана на 12 сектора, те са се разпилели от вятъра и после са били подредени в разбъркан порядък.

- Разрежете отново отделните сектори, подредете ги правилно и ги залепете върху лист хартия. Отделно напишете списък с номерата на секторите в правилния ред.
- Означете на картата пет съзвездия, които можете да разпознаете.

**Решение:**

Ако изберем посоката на часовниковата стрелка, правилният ред на секторите от картата трябва да бъде:

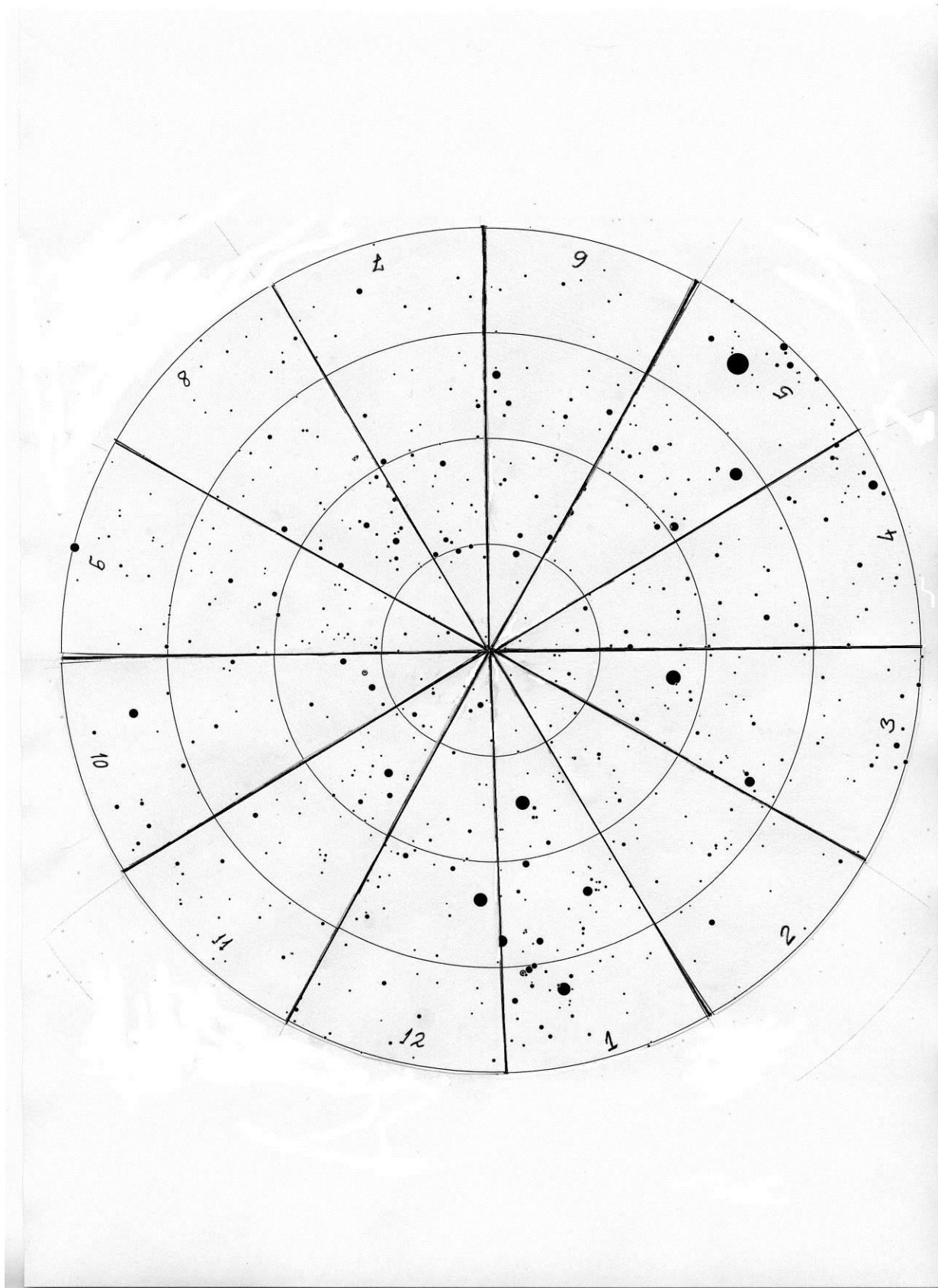
1-5-2-6-10-12-4-3-11-9-7-8

На втората фигура по-долу е дадена карта с правилно подредени сектори и означения на съзвездията. От участниците се иска да посочат само пет от тях.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

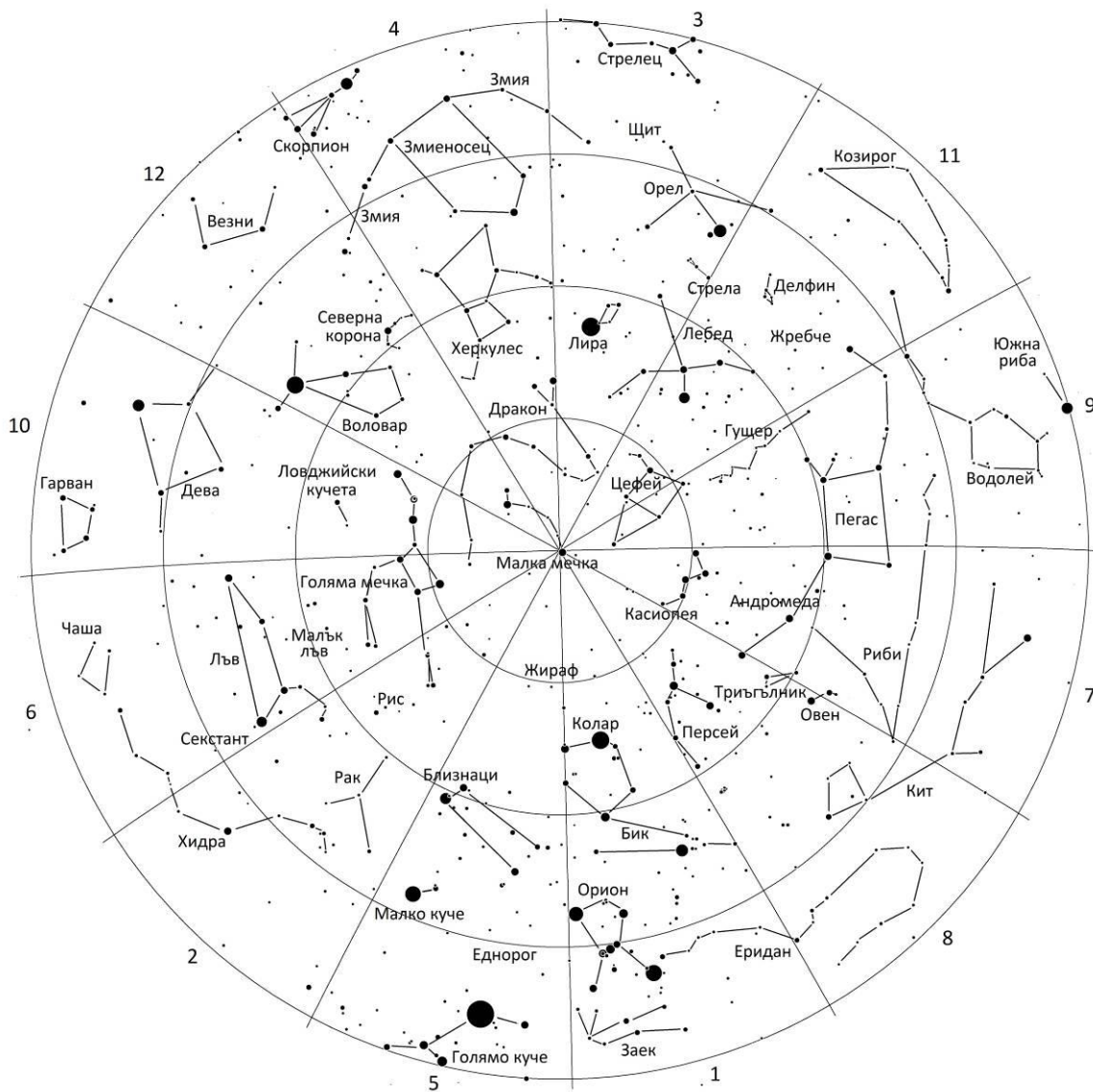
*За правилно подреждане на секторите на картата – 5 т.*

*За посочване на пет съзвездия – 5 т.*



Карта с разбъркани сектори, както е дадена в условието на задачата





Решение – правилно разположение на секторите на звездната карта.

# 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 VII-VIII клас

**1 задача. Жители на Олимп.** Дадени са ви изображения на древногръцки богове. На кои от тези богове са наречени обекти от Слънчевата система? Напишете имената на тези обекти.



### Решение:

С римското име на богинята Афродита е наречена втората след Слънцето планета Венера. Артемида е богинята на лова. Нейното име носи един астероид от главния астероиден пояс, т.е. поясът между орбитите на Марс и Юпитер. Артемида също е и богиня на Луната, но Луната не е наречена с името на тази богиня. Аполон е бог на Слънцето. Но Слънцето не е наречено на него. Името на този бог е дадено на астероида Аполон, който заедно с още цяла група астероиди със сходни орбити, се счита за един от потенциално опасните обекти за Земята. Причината е, че тези астероиди се движат в повътрешната част на Слънчевата система и понякога прелитат сравнително близо до нашата планета. Хеба е богиня на младостта. Нейното име носи астероид от главния астероиден пояс. Атина е богиня на истината, изкуствата, литературата и покровителка на древногръцките герои. Често тя бива наричана Атина Палада, като думата Палада на гръцки език означава „девойка“. Вторият открит астероид от главния астероиден пояс носи името Палада. На Атина съответства римската богиня Минерва. Съществува астероид Минерва също от главния астероиден пояс. Зевс е главният бог, който римляните наричат Юпитер. Най-голямата планета в слънчевата система е планетата Юпитер. В гръцката митология Хера е съпругата на Зевс, богиня, покровителстваща бракосъчетанието и раждането на децата. За римляните тя е Юнона. Името Юнона носи един от големите астероиди от главния астероиден пояс. Съществува и друг астероид от този пояс, който е наречен Хера. Хадес е бог на подземното царство, където отиват душите на мъртвите. Неговият аналог в римската митология е Плутон. Името на този бог е получила планетата-джудже Плутон. Богинята на плодородието Деметра в римската митология съответства на Церера. Това име носи първият открит астероид от главния астероиден пояс. Церера е планета-джудже. Има, обаче, и един по-малък астероид от главния астероиден пояс, който се нарича Деметра. Арес е богът на войната, който римляните наричат Марс. Марс е името и на четвъртата планета от групата на големите планети. Посейдон е богът на моретата, чиито римски еквивалент е Нептун. Осмата от големите планети се нарича Нептун. Но един от астероидите от групата на Аполон, които понякога се приближават до Земята, се нарича Посейдон. Хермес е

древногръцкият бог – вестител на боговете. В римски вариант той се нарича Меркурий и неговото име носи най-близката до Слънцето планета. А името Хермес носи един астероид от групата на Аполон.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За правилно посочване на боговете и обектите, носещи техните имена - 8 т.*

*За посочване на допълнителни варианти (повече от един обект с името на съответния бог) – 2 т.*

**2 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 противостояние (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.*

**3 Задача. Галактика в миниатюра.** Представете си, че нашата Галактика се е смалила дотолкова, че се побира в Слънчевата система. При това орбитата на Слънцето около центъра на Галактиката съвпада по размер, с орбитата на Земята около Слънцето.

- Докъде ще се простира Галактиката? До кои обекти от Слънчевата система?
- В новия мащаб на Галактиката, какви ще бъдат размерите на Слънчевата система (приемаме за граница орбитата на Нептун). Какви ще са радиусът на орбитата на Земята и размерите на планетите? Ще можем ли да ги видим без микроскоп?
- С каква скорост ще се движи новата Слънчева система около центъра на Галактиката и с каква – Земята около Слънцето? Изразете скоростите в подходящи единици. (Разбира се, предполагаме, че периодите на обикаляне са се запазили непроменени.)

**Решение:**

Диаметърът на нашата Галактика се оценява на 100-120 хиляди светлинни години. Слънцето обикаля около центъра на Галактиката на разстояние примерно около 28000 светлинни години (горна граница на оценките). Отношението на радиуса на Галактиката (приемаме за диаметър на Галактиката горната граница на оценките – 120000 св.год) към радиуса на орбитата на Слънцето е 2.14. Следователно в търсения мащаб Галактиката ще има диаметър 2.14 астрономически единици. Орбитата на Марс има радиус 1.52 AU. Орбитата на Юпитер – 5.2 AU. Следователно Галактиката леко ще надхвърля орбитата на Марс, като ще достига до орбитите на някои астероиди, принадлежащи на астероидния пояс между Марс и Юпитер.

Радиусът на орбитата на Нептун е 30 AU. За да определим размерите Слънчевата система в новия мащаб, трябва да знаем колко пъти се е смалила Галактиката. Понеже сме дефинирали мащаба чрез радиуса на орбитата на Слънцето около центъра на Галактиката, то ще изразим истинския радиус в астрономически единици:  $28000 \text{ св.год.} = 1771601227 \text{ AU}$ . Този резултат може да получим, като знаем, че един парсек съдържа 3.26 св.год. и същевременно е равен на 206265 AU. Друг начин е да пресметнем какво разстояние, в километри, изминава светлината за една година, движейки се със скорост 300000км/с, да умножим по радиуса на орбитата на Слънцето, в светлинни години, и да разделим на броя на километрите в една астрономическа единица (150000000км). Понеже радиусът на орбитата на Слънцето, в новия мащаб, е равен на една астрономическа единица, то Галактиката се е смалила 1771601227 пъти, или приблизително 1.77 милиарда пъти. Като знаем, че една астрономическа единица е приблизително 150 милиона километра, за новата стойност на радиуса на земната орбита получаваме  $r' = 150000000 / 1771601227 = 84.675\text{m} \approx 85\text{m}$ . Следователно за радиуса на Слънчевата система се получава  $30 \times 84.675\text{m} = 2.54 \text{ km}$ .

Радиусът на орбитата на Земята получихме като междинен резултат от пресмятането на размерите на Слънчевата система:  $r' = 84.675\text{m} \approx 85\text{m}$ .

Намираме информация за диаметрите на планетите от Слънчевата система и пресмятаме новите им размери:

Планета	Истински диаметър – D км	Диаметър в нов мащаб - D' мм
Меркурий	4873	2.75
Венера	12104	6.83
Земя	12756	7.20
Марс	6794	3.84

Юпитер	142985	80.72 $\approx$ 8 см
Сатурн	120537	68.04 $\approx$ 6.8 см
Уран	51118	28.86 $\approx$ 2.9 см
Нептун	49528	27.96 $\approx$ 2.8 см

Виждаме, че дори намалени почти 2 милиарда пъти, планетите ще могат да се видят без микроскоп.

Пресмятаме скоростта на движение на Слънцето около центъра на Галактиката и на Земята около Слънцето, в новия мащаб, като разделим дължините на орбитите им на периодите на обикаляне, които по условие са останали непроменени.

Дължината на орбитата  $L$  е равна на  $L = 2\pi r$ .

За орбитата на Слънцето получаваме:  $L_{Cl} = 2\pi r_{Cl} = 942477800$  km, (което е истинската дължина на орбитата на Земята).

Скоростта на движение на Слънцето е:

$$v = L_{Cl}/T_{Cl} = 44.8 \text{ см/час } (= 3.927 \text{ км/год } = 0.124 \text{ мм/сек } )$$

където:  $T_{Cl} = 240000000$  год. (период на обикаляне на Слънцето около центъра на Галактиката).

За орбитата на Земята получаваме:  $L_3 = 2\pi r_3 = 532$  m.

$$v = L_3/T_3 = 6.07 \text{ см/час } (= 1.457 \text{ м/ден } )$$

където  $r_3 = r' = 84.675$ m

$$T_3 = 365^d.25$$

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*Възможно е участниците да намерят числени данни, различаващи се от използваните в решението. Следва да се оценява начинът на използване на данните, а не тяхната конкретна стойност .*

*За намиране на информация за всички изходни числени данни, необходими за решаване на задачата – 2 т.*

*За пресмятане на мащабите и преобразуване на мерните единици с цел пресмятане на новия размер на Галактиката – 2 т.*

*За определяне до кои обекти от Слънчевата система ще се простира Галактиката – 1 т.*

*За определяне на размерите на Слънчевата система в новия мащаб и радиуса на орбитата на Земята – 1 т.*

*За определяне на размерите на планетите и дали ще ги виждаме без микроскоп – 2 т.*

*За определяне на скоростите на Слънцето и Земята – 2 т.*

**4 задача. Пътешествие.** След като сте постигнали мечтата си да имате личен хидроплан със слънчеви панели, вие тръгвате на пътешествие. Началната точка на вашия маршрут е град Понтианак на остров Борнео в Индонезия. Вие излитате по посока на околоосното въртене на Земята, но веднага след това завивате надясно и повече не променяте посоката. Прелитате 7777.777 км и спирате за почивка. Следващите ви спирки са след като прелетите още 3333.333 км, 5555.555 км, 9999.999 км и 6666.666 км.

- Колко разстояние ви остава, докато се върнете в изходния пункт?

- Определете географските ширини на местата, където сте спирали. Проследете по картата кои от тези места са били на сушата и на кои е трябвало да кацате и излитате от водна повърхност.

### **Решение:**

Като използваме географска карта, глобус или някоя програма в Интернет, можем да видим, че град Понтианак се намира приблизително на екватора. Щом излитаме по посока на въртенето на Земята, то посоката, в която гледаме първоначално, е изток. Веднага след излитането ние завиваме надясно и повече не променяме посоката. Това означава, че се насочваме на юг и се движим по меридиана, на който се намираме в началото. След като стигнем до южния полюс, продължаваме по противоположния меридиан и извършваме околосветско пътешествие, като преминаваме по-късно през северния полюс и накрая се връщаме в изходната точка.

Радиусът на земното кълбо е приблизително 6370 км. Обиколката на Земята ще бъде  $L = 2\pi \times 6370 \approx 40000$  km. Да пресметнем колко километра съответстват на преместване на  $1^\circ$  по географска ширина:  $40000 \text{ km} / 360^\circ \approx 111.111 \text{ km}$ . Оттук заключаваме, че при нашите пет полета сме изминали по съответните географски меридиани  $70^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $60^\circ$ , или общо  $300^\circ$ . За да завършим нашата обиколка на Земята през двата полюса и да се върнем в индонезийския град Понтианак, трябва да изминем още  $60^\circ$  по географска ширина, или 6666.666 km.

Щом тръгваме от екватора на юг, то след като при първия полет сме изминали  $70^\circ$  по меридиана, ще се озовем на  $70^\circ$  южна ширина. Ще ни бъде много студено, понеже ще сме върху снежната повърхност на континента Антарктида. При следващия полет се преместваме на  $30^\circ$  в същото направление. След първите  $20^\circ$  ще стигнем до южния полюс и по-нататък ще започнем да се движим по диаметрално противоположния меридиан, а посоката вече ще е север. Град Понтианак се намира приблизително на  $109^\circ$  източна дължина, което значи, че след южния полюс ние ще продължим да летим по меридиан със  $180^\circ - 109^\circ = 71^\circ$  западна дължина. В края на полета ще се намираме на  $10^\circ$  от южния полюс, все още на континента Антарктида. После продължаваме още  $50^\circ$  на север и се отдалечаваме общо на  $10^\circ + 50^\circ = 60^\circ$  от южния полюс. Това означава, че достигаем до  $90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$  южна географска ширина. Мястото е в Чили, недалеч от границата с Аржентина и на около 300 km северно от Сантяго. Намираме се във високопланинска местност – в Андите. При следващия полет прелитаме  $90^\circ$  по същия меридиан. След първите  $30^\circ$  пресичаме екватора и накрая достигаем до  $60^\circ$  северна ширина. Отново сме на доста студено място, в канадската провинция Квебек, по брега на река Арно, която се влива в Худзоновия пролив. Наблизо има селища на ескимосите инуити. След това прелитаме още  $60^\circ$ . Имаме  $30^\circ$  до северния полюс, след което отново се движим по меридиана със  $109^\circ$  източна дължина и изминаваме още  $30^\circ$ , вече в посока юг. Така ще се отдалечим на  $30^\circ$  от северния полюс и ще се озовем на  $60^\circ$  северна ширина. Мястото е безлюдно, гористо и блатисто – намираме се в Иркутска област, Русия, всред сибирската тайга. Накрая, след като прелетим още  $60^\circ$  на юг, се връщаме в индонезийския град Понтианак и оставаме на екватора, докато се стоплим добре след антарктическите, високопланинските, арктическите и сибирските студове по време на нашето околосветско пътешествие през полюсите.

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

*За пресмятане на оставащото разстояние за последния полет до връщането в Понтианак – 2 т.*

*За определяне на мащаба, свързващ разстоянията в км и градусите – 2 т.*

*За определяне на географските ширини на пунктовете, в които каца хидропланът и дали те се намират на суша или на водна повърхност – 6 т.*

*Забележка: Участниците могат да получат за обиколката на Земята по-точна стойност от закръглената на 40000 км, която използваме в това решение. В такива случаи географските ширини на градовете ще се получат леко различни. Ако пресмятанията са верни, решенията следва да се считат за правилни.*

**5 задача. Луната през деня.** Много хора си мислят, че Луната може да се види в небето само през нощта. Провергайте 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.

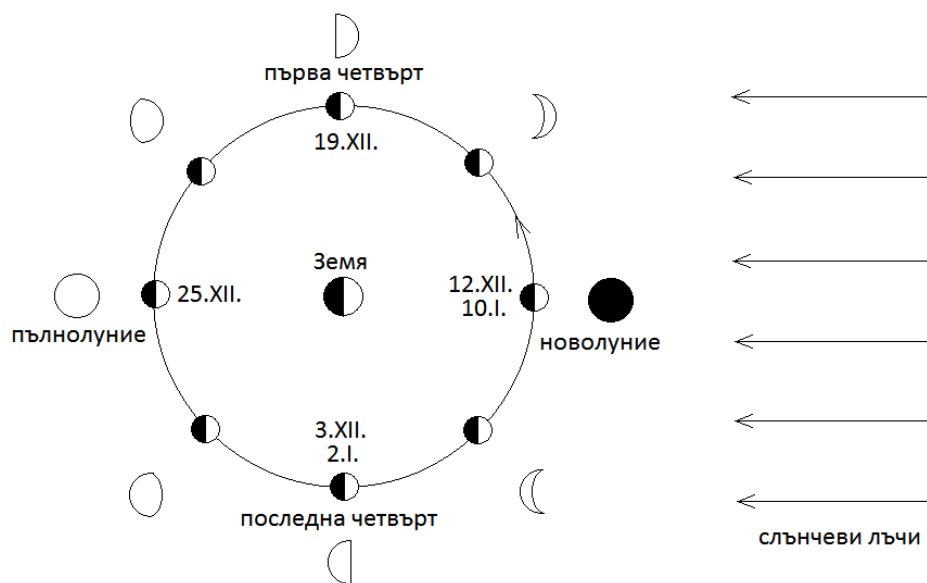
- Направете схема на която да се виждат: Земята, лунната орбита около нея и посоката, от която идват слънчевите лъчи. Нанесете приблизително положението на Луната върху орбитата в момента на вашето наблюдение.



- 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. Хаос в звездното небе.** Дадена ви е звездна карта, която е била разрязана на 12 сектора, те са се разпилели от вятъра и после са били подредени в разбъркан порядък.

- Разрежете отново отделните сектори, подредете ги правилно и ги залепете върху лист хартия. Отделно напишете списък с номерата на секторите в правилния ред.
- Означете на картата пет съзвездия, които можете да разпознаете.

**Решение:**

Ако изберем посоката на часовниковата стрелка, правилният ред на секторите от картата трябва да бъде:

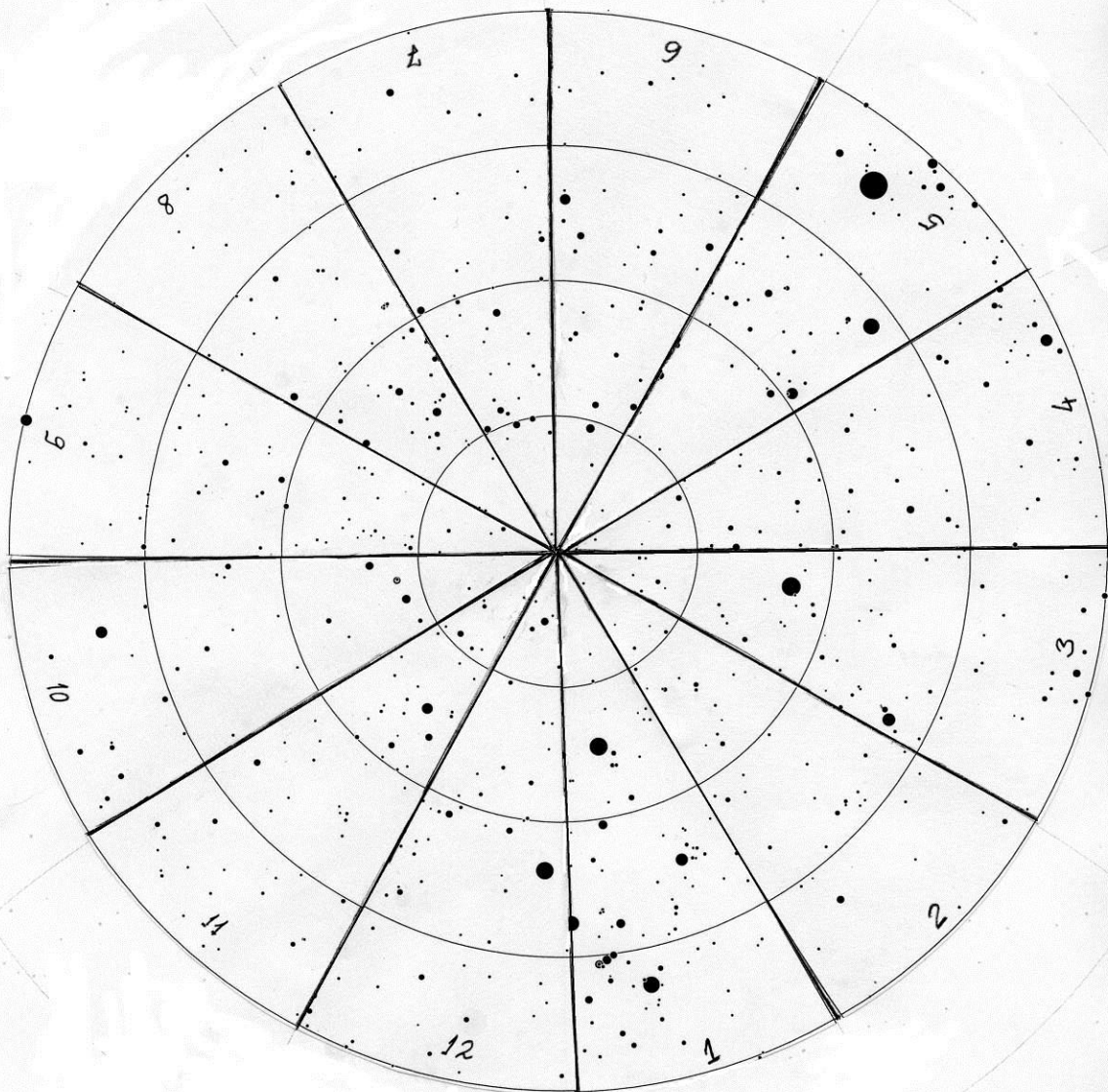
1-5-2-6-10-12-4-3-11-9-7-8

На втората фигура по-долу е дадена карта с правилно подредени сектори и означения на съзвездията. От участниците се иска да посочат само пет от тях.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

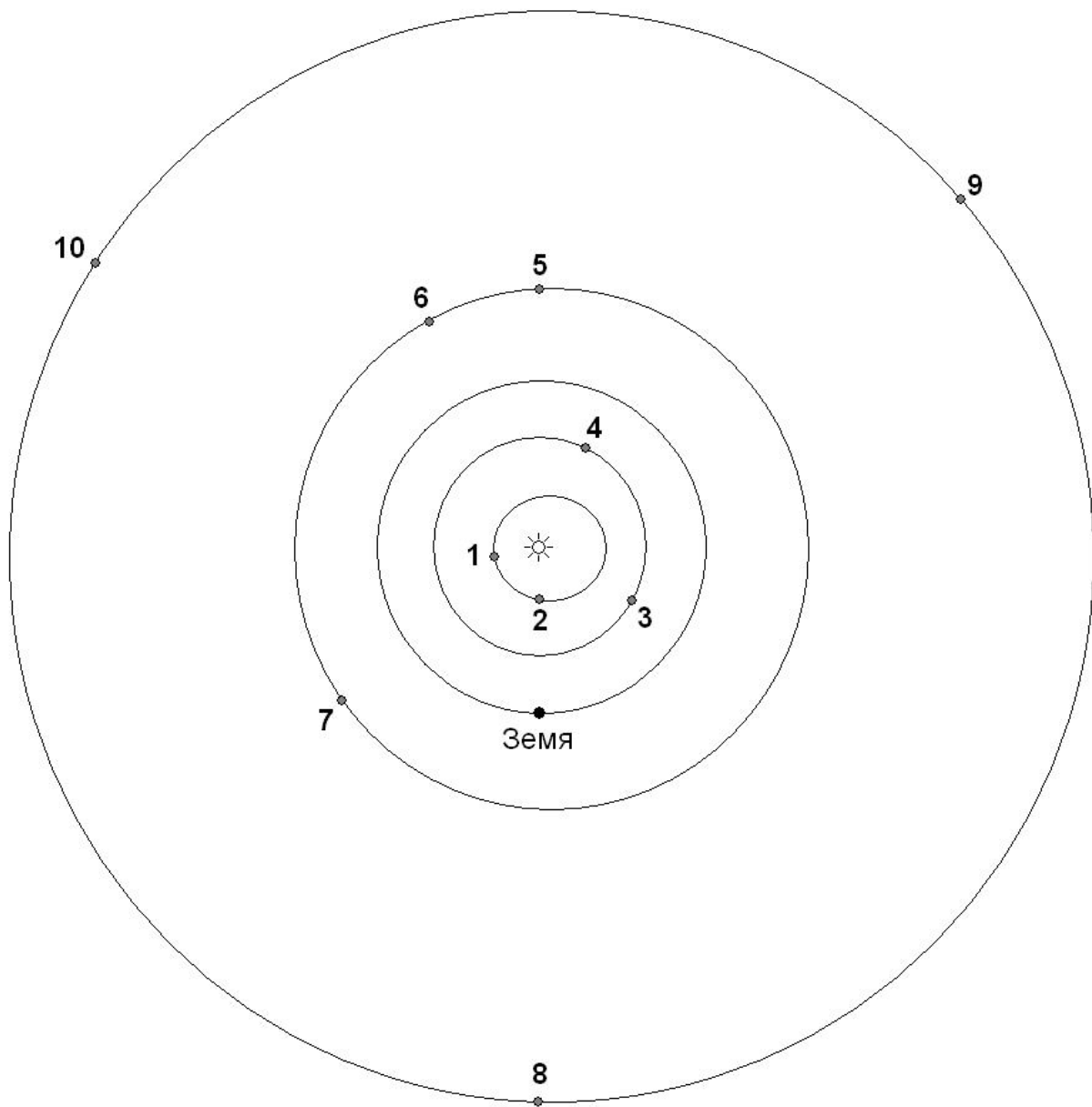
*За правилно подреждане на секторите на картата – 6 т.*

*За посочване на пет съзвездия – 4 т.*





Решение – правилно разположение на секторите на звездната карта.



Фиг. 1.

**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:**

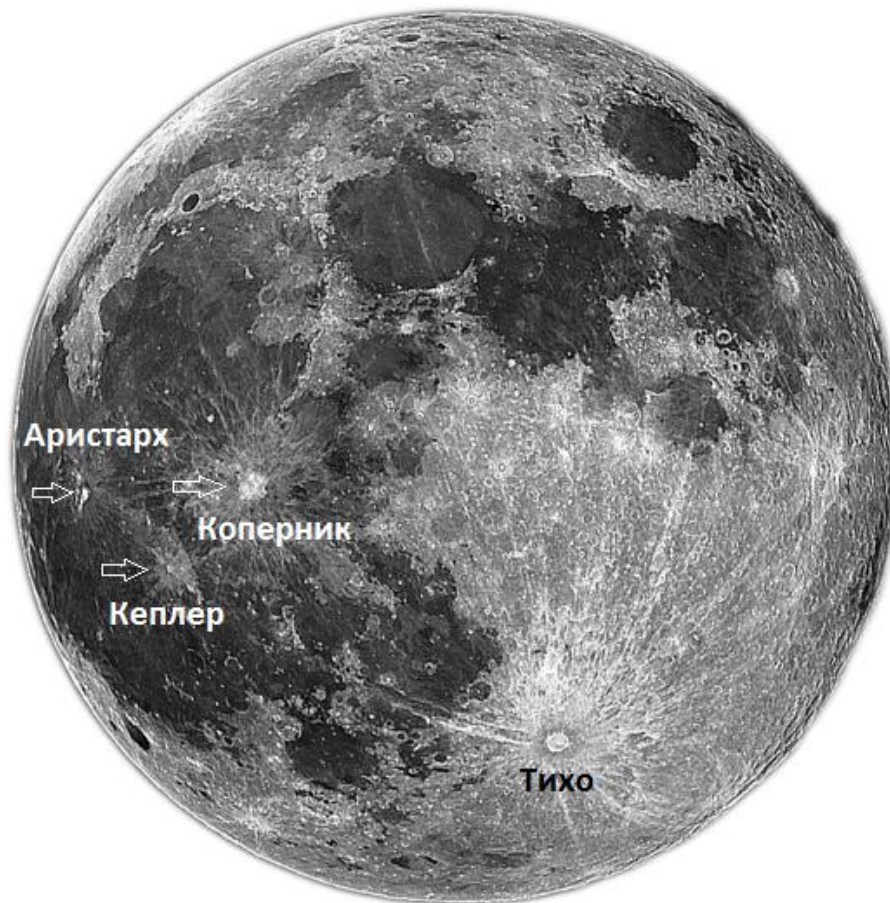
Забележителният датски астроном Тихо Брахе (1546 – 1601 г.) е живял по времето непосредствено преди изобретяването на телескопа. Извършвайки системно астрономически наблюдения с невъоръжено око и с помощта на ъгломерни инструменти, като квадранти, които сам е конструирал, той е събрал в продължение на 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.

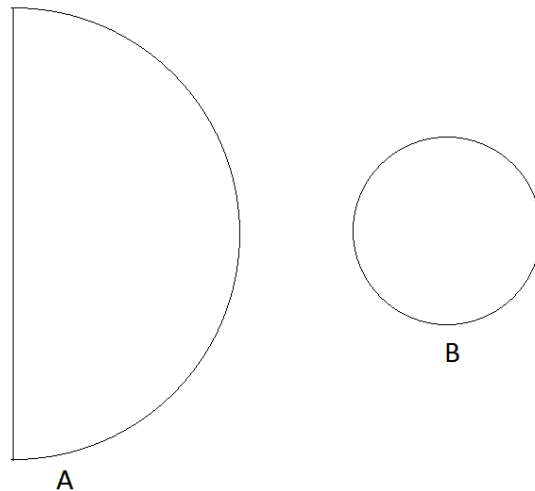
Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*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?

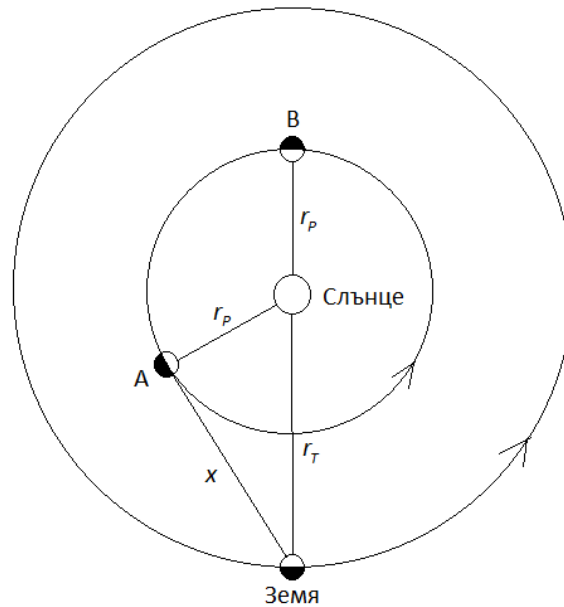
**Решение:**

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.

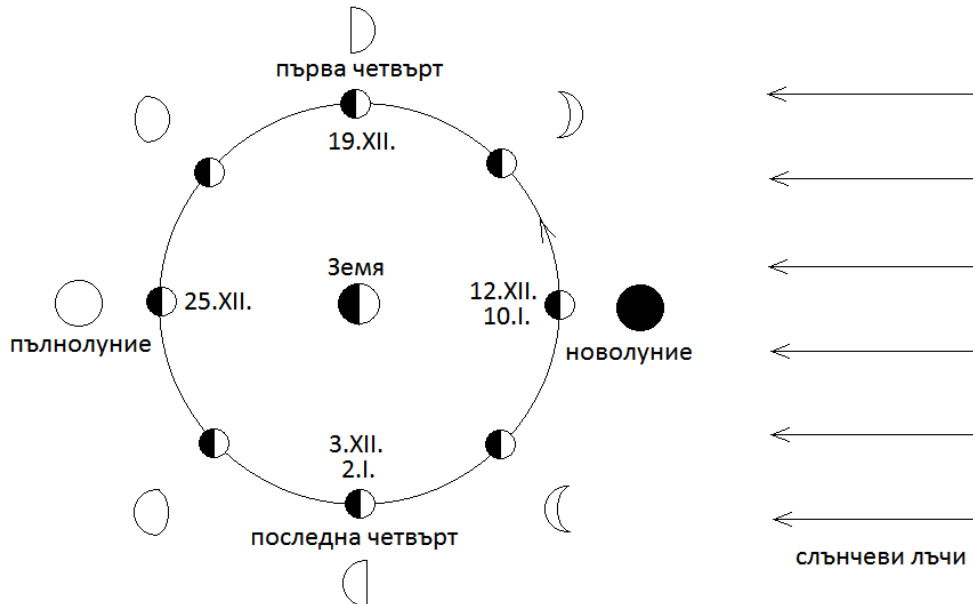
- Направете схема на която да се виждат: Земята, лунната орбита около нея и посоката, от която идват слънчевите лъчи. Нанесете приблизително положението на Луната върху орбитата в момента на вашето наблюдение.



- 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 мм. 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 мм. 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 мм. 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.):

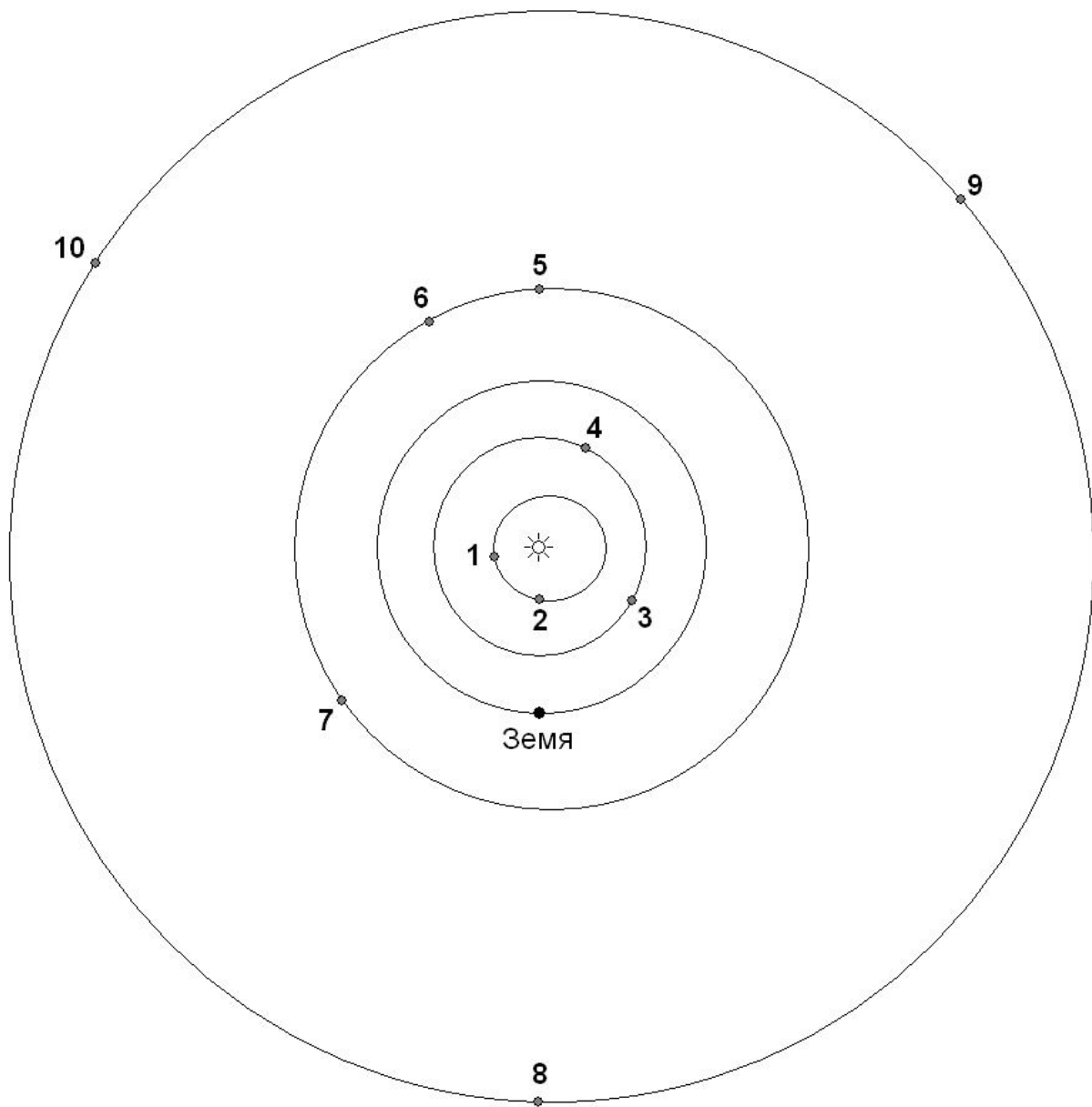
*За правилно начертаване на Луната в I – IV контакти и максималната фаза на затъмнението – 2 т.*

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

*За измервания и изчисления – 2 т.*

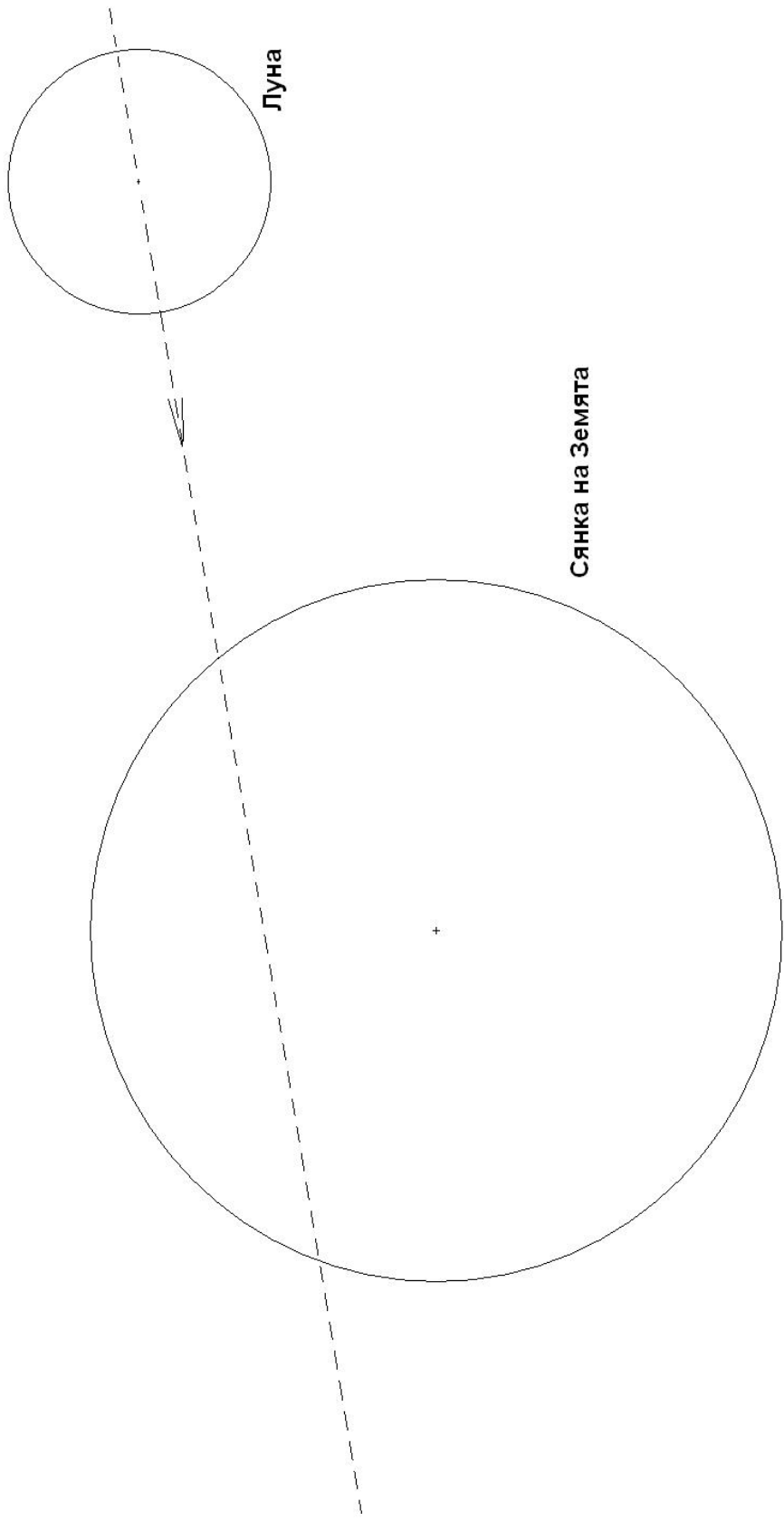
*За правилни числени отговори – 1 т.*

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

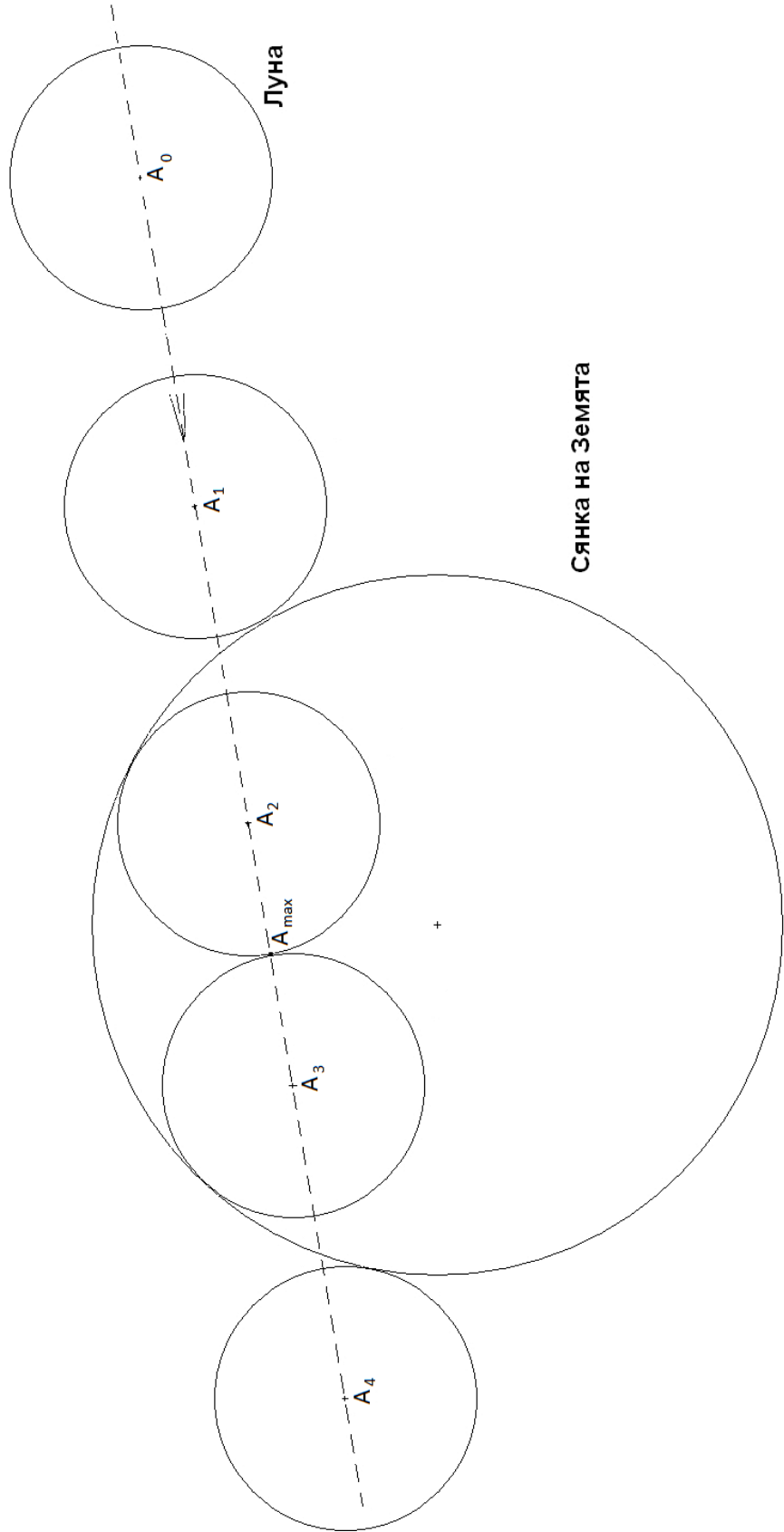


Фиг. 1.





Фиг. 2.



Фиг. 3

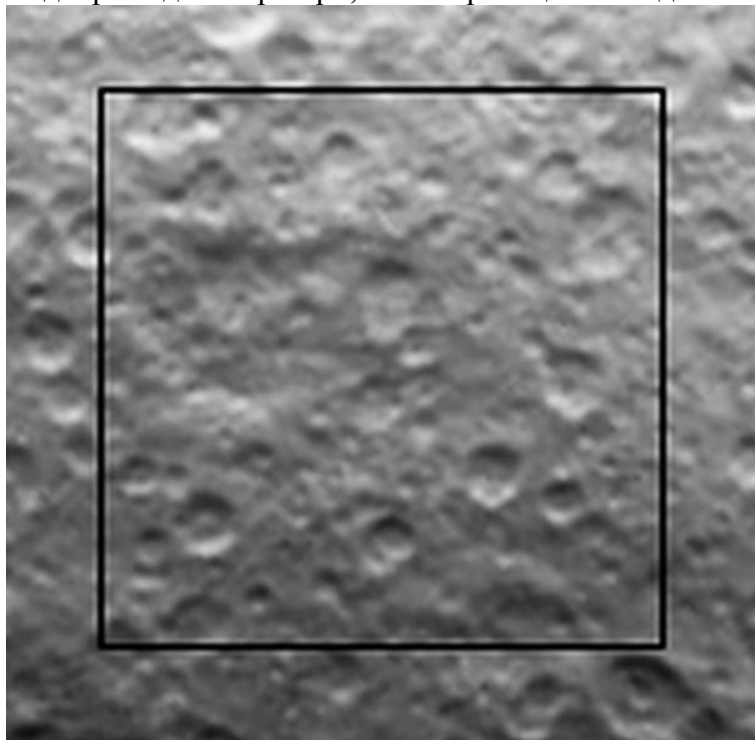
**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА  
XIX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ**

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

**1 задача. Кратерите на Рея.** Дадено ви е негативно изображение (Фиг.3) на спътника на Сатурн Рея, получено на 10 март 2013 година от автоматичната станция Касини. Големи части от спътника не се виждат добре или са в сянка. Ако предположим, че повърхността на спътника е сравнително равномерно покрита с кратери оценете броя на всички кратери, които се намират на целия видим диск на Рея, като използвате “сондажно” преброяване на кратерите в малката площадка, очертана върху изображението. А колко са всичките кратери на повърхността на спътника?

Малката площадка е показана увеличена в отделно изображение на Фиг.1.

Бройте само добре видими кратери, чиито граници могат да се очертаят.



Фиг.1

**Решение:**

Върху малката площадка на Фиг. 1 преброяваме около  $n = 72$  сравнително добре отличими кратера. Измерваме диаметъра на спътника Рея върху изображението на Фиг.3. Той е 142 мм. Радиусът на спътника ще бъде  $142 / 2 = 71$  мм. Измерваме върху същото изображение и страната на малката квадратна площадка – 17 мм. Да означим с  $R$  действителния радиус на спътника, а с  $d$  действителната дължина на страната на площадката. От нашите измервания можем да получим следното съотношение:

$$\frac{R}{d} = \frac{71 \text{ mm}}{17 \text{ mm}} \approx 4.18 \quad (1)$$

За да оценим общия брой на кратерите върху видимия диск на Рея, трябва да намерим съотношението на площите на квадратната площадка и на повърхността на спътника, видима от станцията. Квадратната площадка е сравнително малка и се намира в центъра на видимия диск на спътника. Това значително ни улеснява, защото можем да я считаме приблизително за равнинна плащадка, разположена перпендикулярно на зрителния лъч. Ще считаме приблизително също и че видимият от космическата станция диск на Рея обхваща половината от общата повърхност на спътника.

Площта на квадратната площадка е:

$$S_0 = d^2$$

Площта на повърхността на спътника, обхваната от видимия му диск, ще бъде половината от общата площ на повърхността на спътника, който считаме за кълбовиден:

$$S_{1/2} = 2\pi R^2$$

Броят на кратерите върху видимия диск ще бъде:

$$N_{1/2} = n \cdot \frac{S_{1/2}}{S_0}$$

$$N_{1/2} = 2\pi n \cdot \left(\frac{R}{d}\right)^2$$

Използвайки съотношението (1), получаваме:

$$N_{1/2} \approx 8000 \text{ кратера}$$

Върху целия спътник Рея броят на кратерите трябва да е двойно по-голям, или около 16000 кратера.

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

*Забележка: Трябва да се има предвид, че различните участници ще преброят различен брой кратери, който ще зависи както от тяхната представа за добре очертани кратери, така и от качеството на отпечатване на изображението, което те използват. При оценяването следва да се поставя ударение на логическите разсъждения и пресмятанията. Броят на кратерите да се счита за правилно определен, ако попада в интервала между 60 и 140.*

*За преброяване на кратерите в квадратната площадка – 2 т.*

*За измерване на размерите на площадката и спътника – 1 т.*

*За правилна математическа постановка на метода на пресмятане – 4 т.*

*За числено пресмятане на броя на кратерите върху видимия диск на Рея – 2 т.*

*За определяне на общия брой кратери върху спътника – 1 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?

- Нека сега сте решили за Вас Слънцето да е винаги в зенита. Как ще изглежда пътят ви по земната повърхност?

- Къде и кога, през годината, скоростта Ви ще бъде най-голяма. Къде и кога ще бъде най-малка?

**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 аналема – 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.

Ако искаме Слънцето винаги да е в зенита, то трябва да променяме географската си ширина, синхронно с промяната на деклинацията на Слънцето. При това, във всеки един момент, географската ни ширина трябва да е равна на деклинацията на Слънцето. За да се случи това, движението ни по земната повърхност трябва да представлява спирала, започваща примерно от екватора в момента на пролетно

равноденствие, постепенно приближаваща се към северната тропична окръжност, до която се докосва в момента на лятно слънцестоене. След това отново по спирала трябва да се движим постепенно на юг, пресичаме екватора в момента на есенно равноденствие и продължаваме към южната тропична окръжност, която нашата спирална траектория докосва в момента на зимно слънцестоене, после отново започва да се придвижва към екватора и достига до него в момента на следващото пролетно равноденствие. Броят на витките на спиралата е равен на броя на дните между двете равноденствия, т.е. на броя на дните в текущата тропична година.

Разликите между истинските слънчеви денонощия и средното слънчево денонощие не са особено големи. От друга страна, при движение в близост до тропичните окръжности ние ще изминаваме съществено по-кратък път поради това, че на географска ширина  $\pm 23^{\circ}27'$  дължината на паралела е скъсена с фактор, който е  $\cos \varphi = 0.9174$ . Това са над 8 процента по-малка дължина от тази на екватора и трябва да очакваме тогава да се движим по-бавно, отколкото в дните около равноденствията. Земята обаче, се движи по елиптична орбита и се намира в перихелий около 13-14 дни след зимно слънцестоене, а в афелий – около 13-14 дни след лятно слънцестоене. Следователно ще се движим най-бавно някъде в дните непосредствено след зимно слънцестоене.

Най-бързо ще се движим в дните около равноденствията и по-конкретно в деня на есенното равноденствие, в което Земята се намира по-близо до афелия на орбитата си и ще трябва да изминем най-дълъг път по земната повърхност, в областта на екватора.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За определяне на скоростта и посоката на движение по екватора и избор на превозното средство – 3 т.*

*За описание на видимото движение на Слънцето при нашето движение по екватора – 2 т.*

*За описание на траекторията ни по земната повърхност при Слънце постоянно в зенита – 3 т.*

*За определяне на времената, когато нашата скорост ще е най-голяма и най-малка – 2 т.*

**3 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.

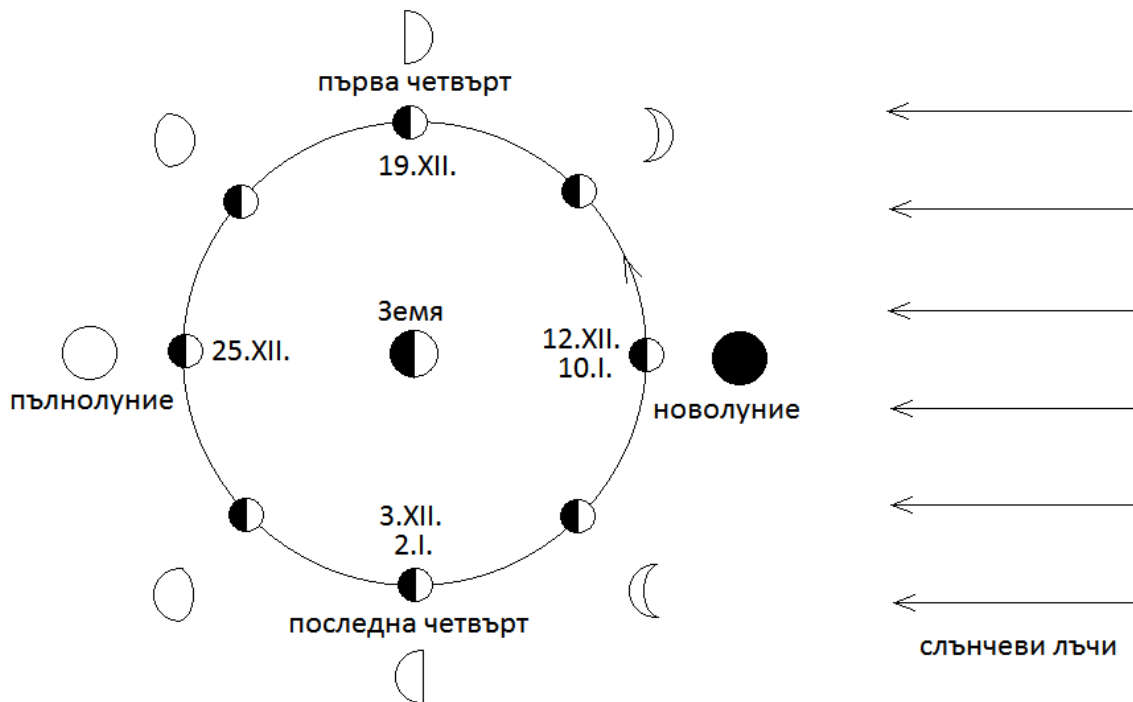
- Направете схема на която да се виждат: Земята, лунната орбита около нея и посоката, от която идват слънчевите лъчи. Нанесете приблизително положението на Луната върху орбитата в момента на вашето наблюдение.



- 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.*



**4 задача. Лунно владение.** Вие сте владетел на северното лунно царство. Неговата граница е северната лунна полярна окръжност, а в центъра му е северният полюс на Луната.

- Пресметнете приблизително площта на вашето владение в  $\text{km}^2$ .
- Вие издавате заповед да се издигне висока кула на полюса, на върха на която да се сложи вашият трон. Каква трябва да е височината на кулата, така че за вас центърът на видимия слънчев диск никога да не залязва? Каква част от царството си ще виждате от кулата?
- Опишете качествено как от трона си вие ще виждате огрятата и неогрятата част от царството през различните годишни времена. Опишете качествено как с времето ще се променя височината, до която достига засенчената част от кулата.

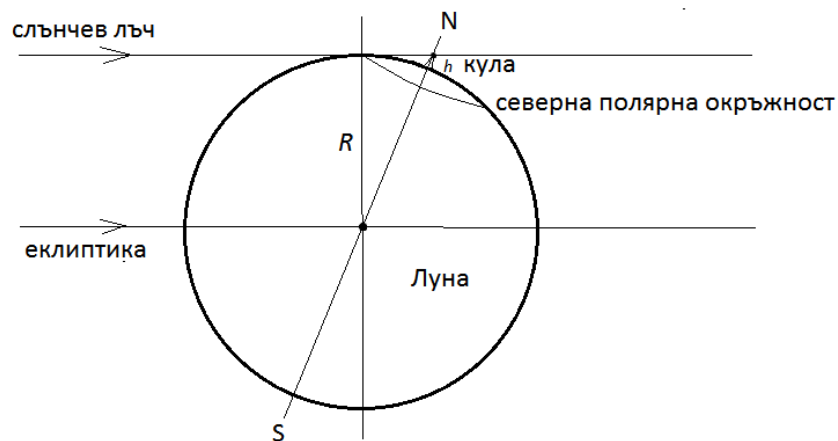
**Решение:**

Оста на Луната не е перпендикулярна на равнината на лунната орбита около Земята, нито на земната орбита около Слънцето (равнината на еклиптиката). За решението на тази задача е важно как лунната ос е разположена спрямо земната орбита около Слънцето, понеже става въпрос за условията на огряване на лунната повърхност от слънчевите лъчи, които се изменят в хода на една земна година в зависимост от ориентацията на лунната ос. Разположението на лунната ос относно лунната орбита около Земята няма значение и разглежданията, които ще направим, се отнасят до изменения в огряването на лунната повърхност в рамките на годината, а не на един лунен месец. Наклонът на лунната ос към оста на еклиптиката (вертикалата към еклиптиката, или равнината на земната орбита около Слънцето) е  $1.54^\circ$ . Следователно полярните окръжности на Луната представляват селенографски паралели, отстоящи на  $1.54^\circ$  от съответните лунни полюси. Този ъгъл е малък и при пресмятането на площта на северното лунно царство можем да пренебрегнем кривината на лунната повърхност. Радиусът на северната полярна окръжност ще бъде:

$$r = \pi R \cdot \frac{1.54^\circ}{180^\circ} \approx 46.7 \text{ km}$$

където  $R = 1738 \text{ km}$  е радиусът на Луната. Площта на владението ще бъде:

$$S = \pi r^2 \approx 6856 \text{ km}^2$$



На чертежа е представена Луната в момент на зимно слънцестояние за северното лунно полукълбо. Тогава е средата на полярната нощ за северния лунен полюс и най-неблагоприятният момент по отношение на огряването от Слънцето на северното лунно царство. Дори в този момент центърът на видимия слънчев диск не трябва да бъде под

хоризонта за владетеля на царството. Ето защо кулата с неговия трон трябва да има височина  $h$ , както е показано на схемата. С  $R$  е означен радиусът на Луната. За височината на кулата намираме:

$$\frac{R}{R+h} = \cos 1.54^\circ$$
$$h = \frac{R(1 - \cos 1.54^\circ)}{\cos 1.54^\circ}$$

$$h \approx 630 \text{ m}$$

От схемата също така се вижда, че от върха на кулата владетелят ще вижда точно цялата територия на своето царство, освен ако не му попречат планини или високи кратерни валове.

В момента на зимно слънцестояние цялото северно лунно владение ще бъде в сянка с изключение на един отрез от неговата периферия, в който над хоризонта ще бъде само част от видимия слънчев диск. Ширината на този отрез, изразена в градуси селенографска ширина, ще бъде около  $0.25^\circ$ , колкото е видимият ъглов радиус на слънчевия диск. Известно време след това обаче, терминаторът на Луната (границата между осветената и неосветена част на нашя спътник) ще започне да навлиза все по-навътре в територията на царството. Отначало осветената област ще бъде по-тесен отрез близо до периферията на царството. В различни моменти в този осветен отрез ще попадат различни части от царството в хода на околоосното въртене на Луната. Постепенно отрезът ще се увеличава все повече. Ако Слънцето беше точков източник на светлина, в деня на пролетното равноденствие за Луната терминаторът щеше да пресича северния лунен полюс и тогава половината владение щеше бъде в сянка, а другата половина щеше да е осветена от Слънцето. На практика това става по-рано, защото на самия лунен полюс първоначално ще изгрее горната част на видимия слънчев диск, а в деня на лунното пролетно равноденствие ще изгрее самият център на лунния диск. По-нататък осветената част от царството ще става все по-голяма. В дните около лунното лятно слънцестояние цялото царство ще бъде огрято от Слънцето непрекъснато. След това по периферията му ще започне да се появява тесен отрез, попадащ в сянка. Постепенно той ще се увеличава. Явленията в обратен ред на описаните ще се повторят около лунното есенно равноденствие. Когато настъпи моментът на лунното есенно равноденствие, центърът на видимия слънчев диск ще залезе за лунния полюс. Известно време след това цялото Слънце ще залезе и полюсът ще се окаже в тъмнина. Тогава от царския трон ще се вижда как повече от половината царство е в тъмнина, като тази тъмна област ще се увеличава, а осветената област ще е все по-тесен отрез от територията на царството. После ще настъпи лунното зимно слънцестояние и годишният цикъл ще започне отново.

В деня на лунното зимно слънцестояние за северното полукълбо на Луната владетелят ще вижда от трона си половината от слънчевия диск над хоризонта. Ако той реши да слиза надолу по стълбата на своята кула, на известно разстояние под върха на кулата вече цялото Слънце ще бъде под хоризонта и оттам надолу цялата кула ще е в сянка. Засенчената част на кулата ще намалява във времето след зимното слънцестояние и известно време преди пролетното равноденствие, когато горната част на слънчевия диск изгрее над хоризонта за наблюдател на лунната повърхност, цялата кула вече ще бъде осветена от слънчевите лъчи. Това ще продължи до времето малко след есенното равноденствие, когато засенчената част на кулата ще се появи отново в основата и ще

нараства постепенно, като горната ѝ граница ще се издига нагоре, достигайки максималната си височина в деня на зимното слънцестояние.

Критерии за оценяване (общо 10 точки):

*За намиране на информация за наклона на лунната ос и намиране на радиуса на северното лунно царство – 2 т.*

*За намиране на площта на царството – 2 т.*

*За правилен метод за определяне на височината на кулата – 2 т.*

*За верен числен отговор за височината на кулата – 1 т.*

*За правилно описание как ще се изменя осветената част от царството – 2 т.*

*За правилно описание как ще се изменя засенчената част на кулата – 1 т.*

**5 задача. Звездата Вега.** Двама приятели астрономи, единият от които бил на пътешествие, докато си говорили по смартфоните, снабдени с GPS приемници, забелязали, че в момента се намират на една и съща географска дължина. Веднага решили да определят разстоянието помежду си, но с астрономически методи. За целта използвали звездата Вега. Първият астроном определил, че в 0h UT Вега се намира точно на юг, на височина  $62^\circ$  над хоризонта. Вторият в същия момент измерил височината на Вега и определил, че тя се намира точно в северна посока, на височина  $73^\circ$  над хоризонта.

- Какво е разстоянието между двамата астрономи?
- Трети астроном-любител, възпитаник на Астрономическата обсерватория в Кърджали, който също пътешествал и случайно се бил намесил в техния разговор, забелязал, че и той в момента се намира на абсолютно същата географска дължина. Той предприел своевременно необходимите действия и екипиран подходящо с телескоп определил, че за него, Вега се намира точно на север, на височина  $26^\circ$  над хоризонта. На какво разстояние се намира той от другите двама наблюдатели?

Приемете, че Земята е кръгла.

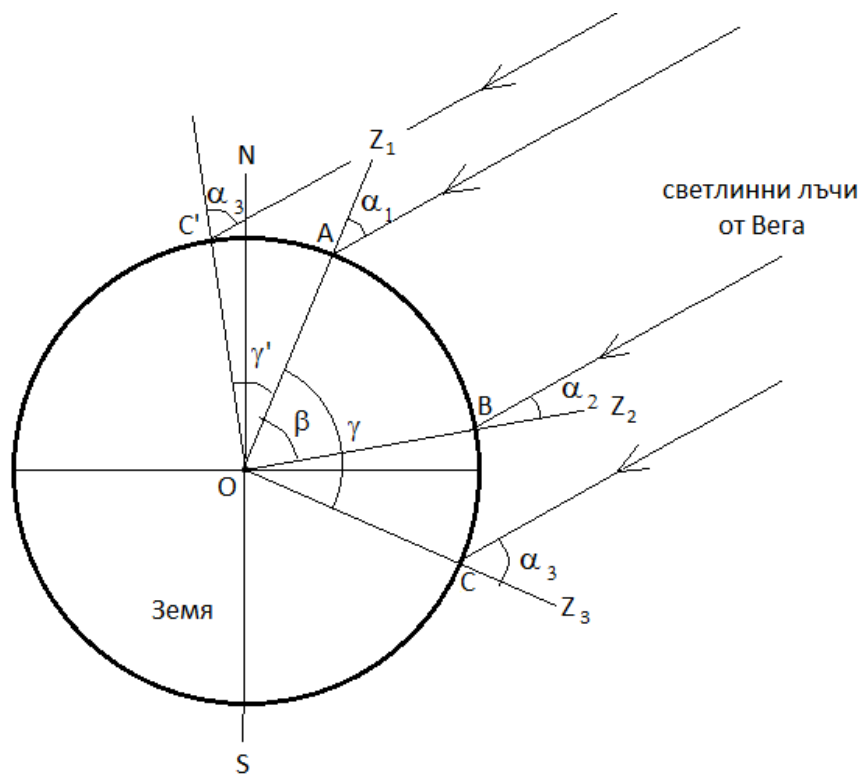
**Решение:**

Вега е звезда от северната небесна полусфера с деклинация приблизително  $38^\circ$ . Това означава, че първият наблюдател е бил в северното полукълбо на Земята. На схемата означаваме местоположенията на първия, втория и третия наблюдатели съответно с А, В и С. Да пресметнем зенитните отстояния на Вега за първия, втория и третия наблюдател:

$$\alpha_1 = 90^\circ - 62^\circ = 28^\circ$$

$$\alpha_2 = 90^\circ - 73^\circ = 17^\circ$$

$$\alpha_3 = 90^\circ - 26^\circ = 64^\circ$$



На схемата е показано примерното разположение на наблюдателите. С правите  $OZ_1$ ,  $OZ_2$  и  $OZ_3$  са означени направленията към зенита за всеки от тях. Спазено е условието за наблюдател А звездата да се вижда на юг, а за наблюдателите В и С – на север.

Лъчите светлина, идващи от звездата Вега, са успоредни помежду си. Оттук заключаваме, че са в сила следните съотношения:

$$\beta = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_3$$

Намираме информация за радиуса на Земята – той е  $R = 6370 \text{ km}$ . Търсените разстояния между наблюдателите са равни на дължините на дъгите АВ, АС и ВС от общия земен меридиан, на който те се намират:

$$\widehat{AB} = R \cdot \beta \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \approx 5003 \text{ km}$$

$$\widehat{AC} = R \cdot \gamma \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \approx 10228 \text{ km}$$

$$\widehat{BC} = \widehat{AC} - \widehat{AB} = 5225 \text{ km}$$

Що се отнася до положението на третия наблюдател, задачата има и още едно възможно решение – когато той е от другата страна на северния полюс – в точка  $C'$ . За този случай можем да пресметнем:

$$\gamma' = \alpha_3 - \alpha_1$$

$$\widehat{AC'} = R \cdot \gamma' \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \approx 4002 \text{ km}$$

$$\widehat{BC'} = \widehat{AC'} + \widehat{AB} = 9005 \text{ km}$$

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За правилна обща представа за разположението на тримата астрономи по повърхността на Земята в зависимост от посоката и височината, на която виждат звездата Вега – 3 т.*

*За правилен начин за изчисляване на разстоянията – 3 т.*

*За верни числени отговори – 2 т.*

*За допълнителния случай с положението на третия наблюдател – 2 т.*

**6 задача. Звезда-гост.** Свърхновата звезда от 1054 г. за първи път е била наблюдавана от древните китайци на 4 юли. От този момент нататък звездата е могла да се вижда в течение на около две години. Китайските астрономи са я нарекли „звезда-гост“, защото е била толкова ярка, че е можело да се вижда и на дневното небе.

• Непосредствено след първото наблюдение, в коя част от деня е могла да се вижда звездата? В коя част от нощта е могла да се вижда?

• След първото наблюдение как с течение на времето са се изменяли условията за видимост на свърхновата звезда – ставали ли са по-благоприятни или по-неблагоприятни?

Обосновете вашите отговори.

**Решение:**

Понастоящем през по-голямата част от юли месец Слънцето се намира в съзвездието Близнаци. Като имаме предвид прецесията и факта, че свърхновата е избухнала преди близо 1000 години, можем да кажем, че тогава Слънцето е било в източната част на съзвездието Близнаци, на границата с Рак. В това можем да се уверим също, ако използваме някоя от компютърните програми, показващи звездното небе в различни години и моменти от време. Свърхновата от 1054 г. се е появила близо до звездата  $\zeta$  от Бик. Следователно тя е била на не много голямо ъглово разстояние западно от Слънцето. Отново с компютърна програма, показваща звездното небе, можем да определим, че на 4 юли 1054 г. свърхновата е била на около  $35^\circ$  от Слънцето. Това означава, че непосредствено след първото наблюдение на свърхновата звезда, тя е изгрявала не много преди изгрева на Слънцето и е можела да се вижда на нощното небе сутрин, не много високо над източния хоризонт. След изгрева на Слънцето звездата е можела да се вижда през деня до късните следобедни часове, когато е залязвала.

Във времето след първото наблюдение Слънцето е продължило своя път по еклиптиката на изток и се е отдалечавало от свърхновата. Тя е можела да се вижда през все по-дълги интервали от време през нощта преди изгрева на Слънцето, но времето на дневната ѝ видимост се е съкращавало, защото е залязвала все по-рано. Затова пък, поради увеличаването на видимото ъглово разстояние между звездата и Слънцето, тя е можела да се вижда по-лесно. Около 5 месеца по-късно, около ноември – декември 1054 година Слънцето и свърхновата са били в две противоположни области от небето. Тогава тя е изгрявала със залеза на Слънцето, виждала се е през цялата нощ и е залязвала с изгрева на Слънцето. В този период свърхновата не се е виждала през деня, защото е била под хоризонта. Тогава вероятно са били най-благоприятните условия за наблюдение на звездата, макар че с течение на времето от първото наблюдение нейният блясък трябва да е отслабвал все повече и повече. При своето кръгово годишно движение по еклиптиката Слънцето е започнало отново да се приближава към

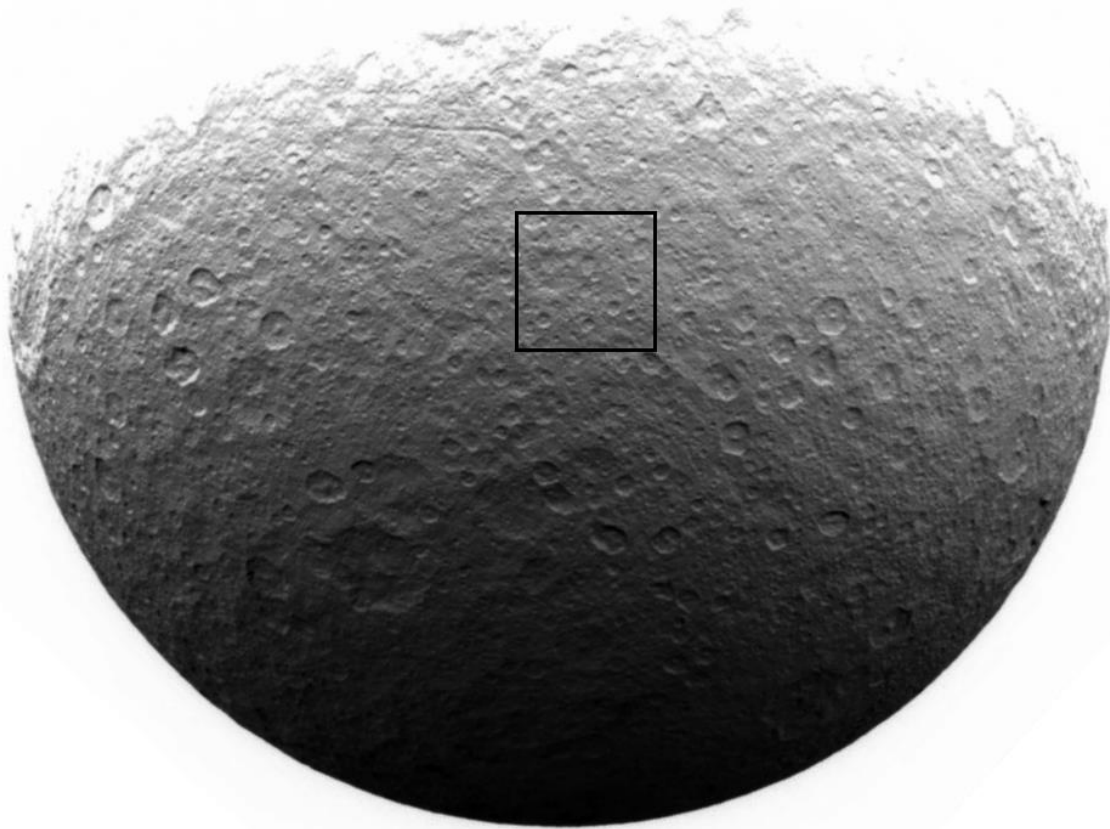
съзвездието Бик и към свръхновата, което заедно с намаляването на нейния блясък е допринесло за влошаване на условията за видимост на звездата. Най-неблагоприятни са били условията на видимост на свръхновата през май-юни 1055 г., когато Слънцето е било съвсем близо до нея в съзвездието Бик. През следващия едногодишен период до средата на 1056 г. условията за видимост на свръхновата по отношение на разположението ѝ спрямо Слънцето са се повторили така, както са били от юли 1054 до юли 1055 г. Но нейният блясък е бил вече значително по-слаб.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За определяне на разположението на свръхновата спрямо Слънцето непосредствено след първото наблюдение – 3 т.*

*За правилни разсъждения как са се променяли условията на видимост след това по отношение на разположението на звездата спрямо Слънцето – 5 т.*

*За отчитане намалението на блясъка на звездата с течение на времето – 2 т.*



Фиг. 3