

## МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА

ОБЛАСТЕН КРЪГ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ – 23.02.2013 г.

### КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА ТЕМАТА ЗА ВЪЗРАСТОВА ГРУПА – V-VI КЛАС

**1 задача. Сами между звездите.** Представете си, че Земята е самотна планета, изхвърлена от Слънчевата система, която се носи някъде далеч в междузвездното пространство. Останала ни е само Луната. Да предположим, че Земята се върти около оста си и Луната обикаля около Земята така, както и сега.

- **а.** Как ще изглеждат тогава денят и нощта? Ще има ли смяна на ден и нощ?
  - **б.** Какъв ще бъде климатът на Земята? Ще има ли смяна на сезоните?
  - **в.** Как ще изглеждат фазите на Луната? Ще има ли слънчеви и лунни затъмнения?
  - **г.** Ще можем ли да се ориентираме по звездите така, както сега?
- Обяснете всички ваши отговори (не отговаряйте само с „да” и „не”).

#### **Решение:**

Източник на дневната светлина за нас е Слънцето. На осветената от него страна на Земята е ден, а на тъмната – нощ. Денят и нощта се сменят поради въртенето на Земята около нейната ос. Ако Земята е далеч от Слънцето и която и да е друга звезда, то на нея няма да има ден. През цялото време ще бъде тъмно – винаги ще е нощ. Дори Земята да продължава да се върти около оста си, смяна на деня и нощта няма да има.

Климатът на Земята ще бъде съвсем различен от сегашния. Поради липсата на слънчева светлина и топлина, на нашата планета ще е изключително студено и този студ ще цари на планетата ни винаги. Сезоните сега се сменят поради наклона на земната ос и обикалянето на Земята около Слънцето. Става така, че в последователните моменти от годината различните части на земното кълбо се огряват различно от Слънцето. Ако Земята е далеч между звездите, смяна на сезоните няма да има – непрекъснато ще бъде студена космическа зима. *За съжаление, много скоро след като Земята остане без Слънце, нейната атмосфера ще започне да замръзва и само няколко седмици по-късно Земята ще остане без атмосфера.*

Луната свети с отразена от Слънцето светлина. Ако сме някъде далеч между звездите, Луната няма да свети. Няма да можем да я виждаме въобще. Ще забелязваме нейното присъствие само ако се случи да закрие временно някоя по-ярка звезда. Различните лунни фази се наблюдават при различно взаимно положение на Луната със Земята и Слънцето. Тогава виждаме различни части от огрятата от Слънцето половина на Луната. Ако Слънцето го няма, няма да има и изменение на лунните фази – Луната ще е винаги тъмна. Слънчеви затъмнения няма да има, защото при слънчево затъмнение Луната трябва да закрие Слънцето, а когато него го няма, Луната няма какво да зарива. Лунни затъмнения също няма да има, защото при лунно затъмнение Луната трябва да влезе в земната сянка, а Земята няма как да хвърли сянка, ако не е осветена от Слънцето. Всъщност Земята и Луната ще бъдат във вечен мрак. *Все пак, ако сме много наблюдателни, ще е възможно да забележим тъмния диск на Луната на фона на малко по-светлото нощно небе, особено когато Луната пресича Млечния път.*

По звездите ще можем да се ориентираме, защото те ще се виждат на небето, при това през цялото време, а не само през нощта, както е сега. Сега за ориентир ни служи Полярната звезда, която ни показва посоката север. Поради денонощното въртене на Земята, звездите изгряват и залязват, описват кръгове по небето. Само Полярната звезда остава почти неподвижна с времето, защото земната ос на въртене е насочена почти точно към нея. Затова

по Полярната звезда е лесно да се ориентираме във всеки момент. Ако Земята се носи между звездите и продължава да се върти около оста си, пак ще можем по същия начин да се ориентираме по Полярната звезда. *А ако Земята е много, много далеч от Слънцето, то може би някоя друга ярка звезда ще се окаже близо до точката в небето, накъдето сочи земната ос, и ще ни служи за полярна.*

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

а. За правилни отговори на двата въпроса и обяснение  $1.5 + 1.5 = 3$  т.

б. За правилни отговори на двата въпроса и обяснение  $1.5 + 1.5 = 3$  т.

в. За правилни отговори на двата въпроса и обяснение  $1.5 + 1.5 = 3$  т.

г. За правилен отговор и обяснение – 3 т.

## 2 задача. Валентина Терешкова.



През 2013 г. се навършват 50 години от полета на първата жена в космоса – Валентина Терешкова. Тя е летяла с кораба „Восток – 6”, който е стартирал на 16 юни 1963 г. в 09 ч. 29 мин. и се е върнал на Земята на 19 юни в 08 ч. 20 мин. Периодът на обикаляне на кораба около Земята е бил 88 минути.

- Космонавтите разказват, че гледката на слънчевия изгрев, наблюдаван от околоземна орбита, е фантастично красива. Колко пъти Валентина Терешкова е видяла изгрева на Слънцето от борда на космическия кораб?

### Решение:

Валентина Терешкова е виждала по един слънчев изгрев при всяка своя обиколка около Земята. Следователно тя е видяла толкова изгреви на Слънцето, колкото обиколки около Земята е направил нейният кораб.

От 09 ч. 29 мин. на 16 юни 1963 г. до същото време, т.е. 09 ч. 29 м. на 19 юни са изминали 3 денонощия. Но космическият кораб е кацнал в 08 ч. 20 мин. на 19 юни, което е с 1 ч. 09 мин. по-рано. Следователно полетът на Валентина Терешкова е продължил:

$$3 \text{ денонощия} \times 24 \text{ часа} - 1 \text{ ч. } 09 \text{ мин.} = 72 \text{ ч.} - 1 \text{ ч. } 09 \text{ мин.} = 70 \text{ ч. } 51 \text{ мин.}$$

Да превърнем този интервал в минути:

$$70 \text{ ч. } 51 \text{ мин.} = 70 \text{ ч.} \times 60 + 51 = 4251 \text{ мин.}$$

Разделяме интервала на орбиталния период на космическия кораб и получаваме:

$$4251 \text{ мин.} / 88 \text{ мин.} \approx 48.31$$

Стартът на кораба е сутринта на 16 юни, т.е. само няколко часа след изгрева на Слънцето, а кацането е било няколко часа след изгрева на Слънцето на 19 юни. Следователно Валентина Терешкова е видяла първия си изгрев в края на първата обиколка. Последният изгрев е бил в края на последната, 48-ма, обиколка. В началото на следващата непълна обиколка Валентина Терешкова не е могла да види още един изгрев и следователно броят на видените изгреви е бил 48. *Това разбира се е вярно, ако приемем, че Терешкова не е спала през цялото време – три денонощия! Ако отделим някакъв интервал от време за сън, то броят на видените изгреви може да бъде по-малък.*

Критерии за оценяване (общо 8 т.):

За правилно посочване на това, че броят на обиколките трябва да е равен на броя на видените изгреви – 2 т.

За правилен метод на пресмятане – 4 т.

За правилен числен резултат – 1 т.

За съобразяване как трябва да се разсъждава върху дробната част на резултата и колко са изгревите накрая – 1 т.

**3 задача. Пътешествие.** На екватора на Блатистата планета живее стар отшелник и мъдрец. Всяка вечер той се заравя с виолетовите си пипала в тинята, а сутрин излиза на светло. Веднъж при него допълзва млад пътешественик от същата планета, който се е изгубил. Пътешественикът казва, че отначало е тръгнал на юг и се е придвижвал с половин градус на ден в продължение на 180 дни. После е пълзъл по същия начин на изток още 180 дни, а сега не знае накъде да тръгне, за да се прибере.

„Виждам,” – казал отшелникът – „че пипалата ти са още розови и понеже си млад, ще ти кажа.”

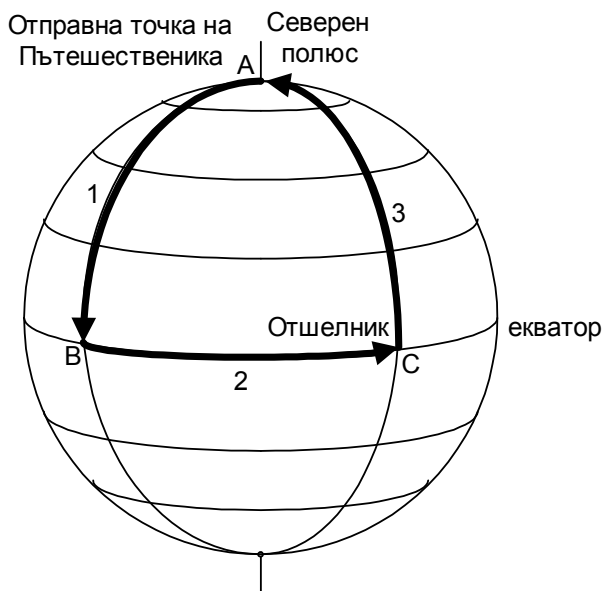
• **а.** Нарисувайте глобуса на Блатистата планета, с паралели и меридиани, и пътя на младия пътешественик върху повърхността на планетата. Къде живее младият пътешественик?

• **б.** Какъв съвет е получил пътешественикът? Нарисувайте пътя за връщане у дома, който му е подсказал старият отшелник. Колко време му е било нужно, за да стигне до родното си място?

Приемете, че координатите на Блатистата планета се измерват в същите мерки, както нашите географски координати.

### Решение:

Щом пътешественикът е пропълзлявал по половин градус на ден и отначало се е движил 180 дни на юг, то той е изминал  $180 \times 0.5^\circ = 90^\circ$ . После е изминал още  $90^\circ$  на изток и е стигнал до Отшелника.



Да нарисуваме Блатистата планета с нейните паралели и меридиани. Нека с точка С на екватора отбележим мястото, където се намира Отшелникът. Във втората половина от своя път Пътешественикът се е движил на изток по дъгата 2 и е изминал  $90^\circ$ . Това означава, че той е пълзъл все по екватора и е тръгнал от точка В, намираща се на  $90^\circ$  западно от С. В първата половина от пътя си Пътешественикът се е придвижвал на  $90^\circ$  в южна посока по дъгата 1. Това означава, че е дошъл в точка В от север, а на  $90^\circ$  северно от точка В е северният полюс. Следователно Пътешественикът живее на Северния полюс на планетата.

За да се прибере в къщи той, естествено, би могъл да изпълзи същия път обратно. Но по-прекият път е, ако тръгне от точка С право на север по дъгата 3. Тогава вместо два пъти по 180 дни, той ще пътува само 180 дни до родното си място. Сигурно това му е подсказал и Отшелникът, ако наистина е бил достатъчно мъдър.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За пресмятане колко градуса е изминал пътешественикът по двете отсечки от своя път – 2 т.

За рисунка на глобуса с правилно нанесен път – 3 т.

За правилен отговор къде живее (откъде идва) пътешественикът – 1 т.

За правилно посочване и нанасяне на най-добрия път за връщане – 2 т.

За определяне на времето за връщане на пътешественика у дома – 2 т.

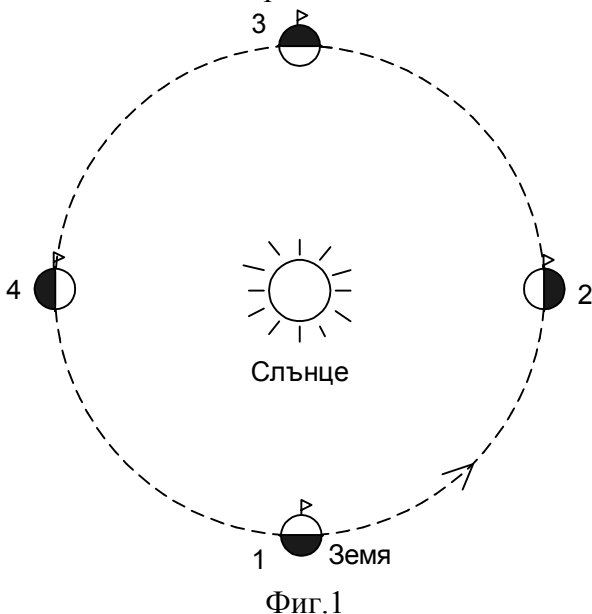
**4 задача. Ден и нощ.** Любимото забавление на безотговорен галактически великан е да си играе с космическите тела като с билиардни топки, без да се замисля за съдбата на техните жители.

• **а.** Великанът се приближава към нашата планета, хваща я като малка ябълка в огромната си ръка и спира нейното въртене около оста. После я пуска да обикаля около Слънцето пак с период една година. Ще има ли тогава на Земята смяна на деня и нощта? Начертайте схема със Слънцето, земната орбита около него и няколко положения на Земята по нея. Поставете се на мястото на земен наблюдател в някаква точка от земното кълбо и помислете какво ще се наблюдава. Обяснете вашия отговор.

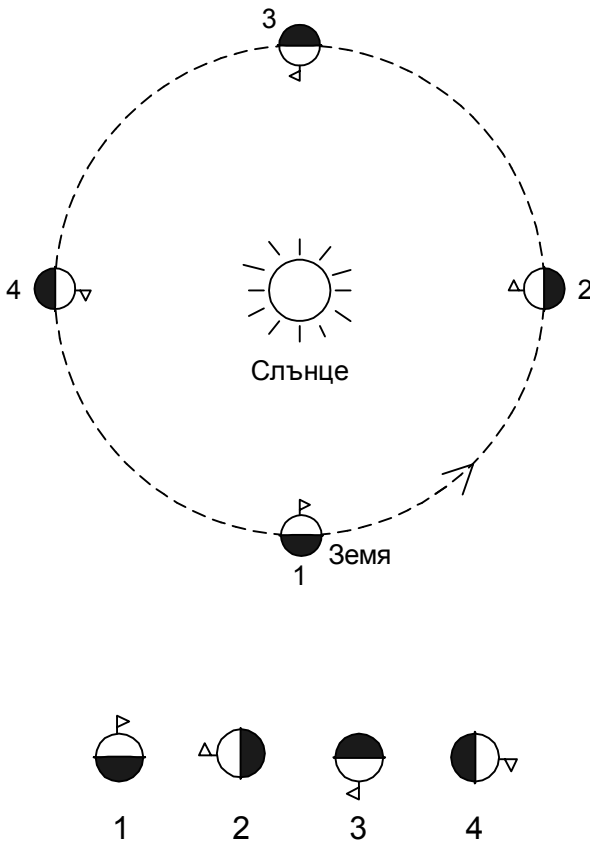
• **б.** Великанът продължава да се забавлява. Този път той се опитва да направи така, че Земята да обикаля около Слънцето за една година и на нея да няма смяна на деня и нощта. Т.е. ако вие живеете някъде по Земята и там е ден, то винаги да си остава ден. А ако някъде е нощ, винаги да си остава нощ. Може ли да стане това? Обяснете вашия отговор.

**Решение:**

Нека се намираме в някаква точка от земното кълбо и да я отбележим с флагче.



Да предположим, че в някакъв начален момент Земята е в положение 1 и както се вижда от Фигура 1, флагчето се намира в осветената от Слънцето страна на Земята, т.е. за нас е ден, или по-точно – средата на деня, пладне. В този момент великанът спира въртенето на Земята около оста ѝ. Оттук нататък, където и да отиде Земята по своята орбита около Слънцето, флагчето сочи все в едно и също направление – Земята не се върти. Но виждаме, че като стигнем до положение 3, за нас ще бъде нощ, по-точно средата на нощта, полунощ. Проследявайки по-нататък движението на Земята по нейната орбита, можем да се убедим, че ако Земята спре да се върти около оста си, за нас ще има смяна на ден и нощ. Тази смяна обаче ще става с период една година. Половин година ще е ден, половин година – нощ.



Фиг. 2

Сега да си представим ситуация, при която на Земята няма смяна на ден и нощ. Пак тръгваме от положение 1, в което за наблюдател в точката, означена с флагче, е пладне. Условието е да няма смяна на деня и нощта. Това трябва да важи за цялата Земя, за всяка точка от земното кълбо. Следователно, ако едната половина на земното кълбо е осветена в момента 1 и ако там е ден, то трябва да си остава ден през цялото време за всяка точка от тази половина. Единственият начин да стане това е Земята да остава обърната към Слънцето с една и съща своя страна през цялата година, както е показано на Фиг. 2. Но това няма да означава, че Земята не се върти около оста си. В долната част на фигурата са изнесени четирите положения на Земята, съответстващи на четири момента от годината. Вижда се, че всъщност земното кълбо се завърта около оста си веднъж с период една година, или същия период, с който то обикаля около Слънцето. Това е начинът да се осъществи второто условие – Земята да обикаля около Слънцето, да се върти около оста си, но да няма смяна на деня и нощта.

Критерии за оценяване (10 т.):

За подходяща схема по подусловие а. – 2 т.

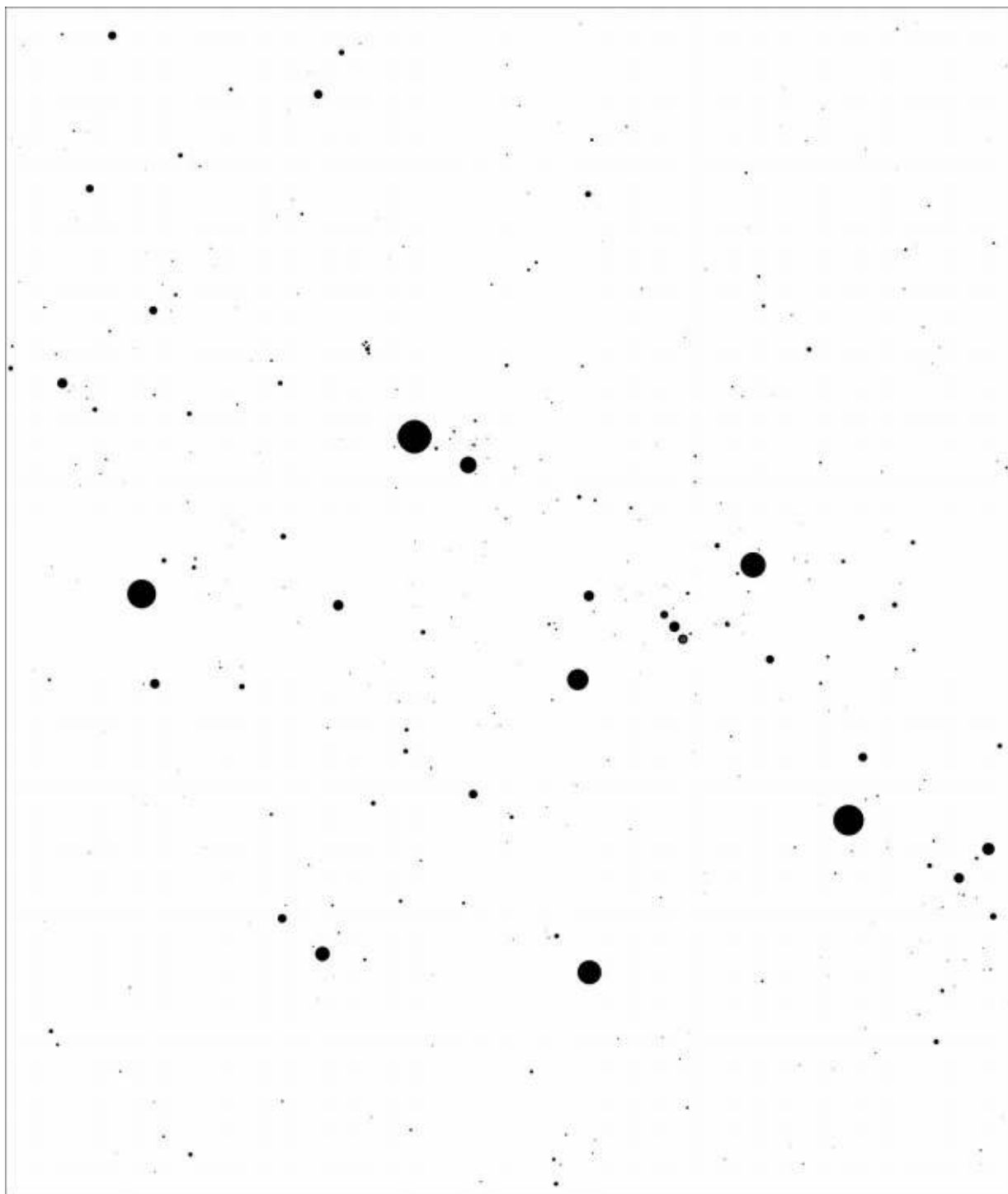
За обяснение – 3 т.

За логично обяснение по подусловие б. – 3 т.

За извода, че е възможно Земята да се върти и да няма смяна на ден и нощ – 2 т.

**5 задача. Зимно небе.** Разгледайте звездната карта. Тя показва част от звездното небе, което виждаме в новогодишната нощ.

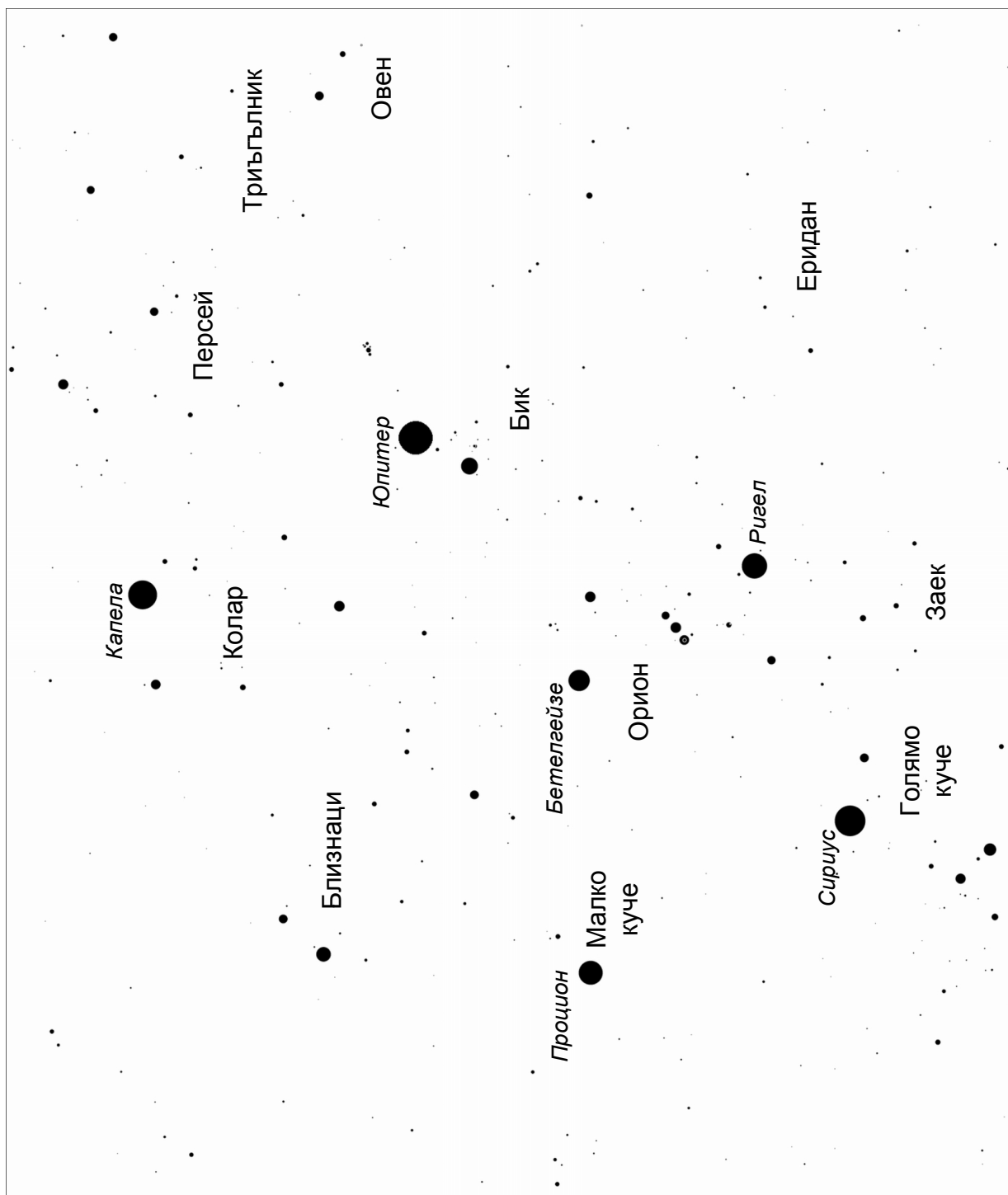
- а. Опитайте се да разпознаете пет съзвездия и ги означете с техните имена върху картата.
- б. Кой са шестте най-ярки обекта които виждате на картата? Означете имената им.
- в. Кой е най-близкият до нас обект, който е отбелязан на картата?



Звездна карта

**Решение:**

Върху дадената по-долу карта са означени повече от пет съзвездия. Участниците могат да посочат и обозначат които и да са пет от тях, или повече. Означени са и шестте най-ярки обекти – планетата Юпитер и звездите Сириус, Капела, Бетелгейзе, Белатрикс и Ригел. Най-близкият до нас обект, показан на картата, е планетата Юпитер. Звездите са на много по-големи разстояния.



Звездна карта

Критерии за оценяване (12 т.):

За означаване на пет съзвездия – 5 т.

За означаване на шестте най-ярки обекти – 6 т.

За посочване на най-близкия до нас обект – 1 т.

За означаване на брой съзвездия над пет и повече звезди могат да се дават допълнителни точки за награда.

# МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА

## ОБЛАСТЕН КРЪГ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ – 23.02.2013 г.

### КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА ТЕМАТА ЗА ВЪЗРАСТОВА ГРУПА – VII–VIII КЛАС

**1 задача. Радиус на Вселената.** През 2013 г. се навършват 470 години от отпечатването на забележителното научно съчинение „За въртенето на небесните сфери”. В него полският астроном Николай Коперник развива и обосновава хелиоцентричната система. Според старата геоцентрична система на Клавдий Птолемей, Земята не се върти около оста си, тя е неподвижен център на Вселената и всичко се върти около нея – Луната, Слънцето, планетите и т.нар. сфера на неподвижните звезди.

• Нека си представим за момент, че е вярна геоцентричната система. Като имате предвид, че не може да се надвишава скоростта на светлината, пресметнете какъв трябва да е максималният възможен радиус на Вселената в този случай. Сравнете получения резултат с действителни космически разстояния или размери, които познавате. Скоростта на светлината е 300000 км/секунда.

#### **Решение:**

Независимо от неправилните си представи за света, древните астрономи са осъзнавали, че от всички небесни светила най-далечни са звездите и сферата на неподвижните звезди е представяна по всички стари рисунки като най-външна. Тук под „неподвижни” се има предвид неизменното положение на звездите една спрямо друга, а не неподвижност относно Земята. При видимото си денонощно движение тази сфера извършва едно завъртане около нас за период  $T$ , наречен звездно денонощие. Той е равен на 23 ч. 56 мин. приблизително. Най-бързо при това въртене ще се движат звездите, разположени на небесния екватор. Максималният радиус  $R$  на сферата на звездите би бил този, при който скоростта  $v$  на звезда върху небесния екватор не надвишава скоростта на светлината  $c$ . В сила трябва да е следното неравенство:

$$v = \frac{2\pi R}{T} < c$$

Оттук получаваме:

$$R < \frac{cT}{2\pi} \approx 4 \times 10^9 \text{ км}$$

Това разстояние е сравнимо с радиусите на орбитите на най-далечната планета Нептун и на планетата джудже Плутон.

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

*Посочване на сферата на звездите като най-далечна и видимото денонощно въртене като най-бързо движение – 2 т.*

*Правилна математическа постановка на решението – 5 т.*

*Използване при пресмятането на звездното денонощие, а не на слънчевото – 1 т.*

*Правилен числен отговор – 1 т.*

*Сравнение с разстояния до познати обекти – 1 т.*



**2 задача. Откритие.** Съществуването на планетата Нептун е било теоретично предсказано от френския математик Урбен Льоверие. Много скоро след това откритието на планетата е било потвърдено от немския астроном Йохан Гале, който я е наблюдавал с телескоп на 23.IX.1846 г. На 12.VII.2011 г. се навърши една нептунианска година от това откритие (година за планетата Нептун). От 2011 г. досега, Нептун се наблюдава в съзвездието Водолей.

Твърди се, че всъщност първият астроном, наблюдавал Нептун, е бил още Галилео Галилей. Това е станало на 23.I.1613 г., но Галилей не е могъл да забележи диска на Нептун като планета със своя малък телескоп, а го е виждал само като светеща точка, неразличима от звездите.

- Определете периода на обикаляне на Нептун около Слънцето – нептунианската година.
- В кое съзвездие е бил Нептун, когато го е наблюдавал Галилео Галилей?

**Решение:**

От момента на първото наблюдение на Нептун на 23.IX.1846 г. до 23.IX.2010 г. са изминали  $2010 - 1846 = 164$  години. От тях  $164 : 4 = 41$  години би трябвало да са били високосни. Но 1900 г. не е била високосна съгласно правилото, въведено с Григорианския календар. Тоза уточнение, обаче, не е толкова важно, предвид точността, която се изисква за решаването на задачата. Следователно в тези 164 години се съдържат  $164 \times 365 + 40 = 59900$  дни. До навършването на една нептунианска година на 12.VII.2011 г. са изминали още:

7 (септември) + 31 (октомври) + 30 (ноември) + 31 (декември) + 31 (януари) + 28 (февруари) + 31 (март) + 30 (април) + 31 (май) + 30 (юни) + 12 (юли) = 292 дни

Периодът на обикаляне на Нептун около Слънцето е  $59900 + 292 = 60192 : 365.25 \approx 164.80$  год.

Щом сега и през 2011 г. Нептун се наблюдава в съзвездието Водолей, то и преди една нептунианска година, през 1846 г. той също се е наблюдавал в това съзвездие. Да пресметнем колко време назад от наблюдението на Йохан Гале е било направено наблюдението на Галилей. От 23.I.1613 г. до 23.IX.1846 г. са изминали  $1846 - 1613 = 233$  год. и 8 месеца или приблизително 233.67 год. Този интервал представлява  $233.67 : 164.80 \approx 1.42$  нептуниански години. Тъй като Нептун е значително по-далеч от Слънцето, отколкото Земята, то можем да считаме за целите на решението на тази задача, че от Земята Нептун ще се вижда проектиран на фона на същото зодиакално съзвездие, както и за наблюдател на Слънцето. За една нептунианска година проекцията на планетата Нептун, гледана от Слънцето, прави едно пълно пътешествие по зодиакалния кръг. Дробната част от 0.42 нептуниански години съответства приблизително на  $12 \times 0.42 \approx 5$  зодиакални знака. Следователно, когато Галилей е наблюдавал Нептун, той трябва да се е виждал в съзвездие, което е с пет съзвездия назад по зодиакалния кръг от Водолей, или това е съзвездието Дева.

Критерии за оценяване (10 т.):

*За правилен метод за определяне на орбиталния период на Нептун – 4 т.*

*За верен числен отговор – 1 т.*

*За съобразяване, че за една нептунианска година Нептун видимо изминава пълн кръг по зодиака – 1 т.*

*За правилен начин на определяне на положението на Нептун при наблюдението на Галилей – 3 т.*

*За правилно определяне на съзвездието – 1 т.*

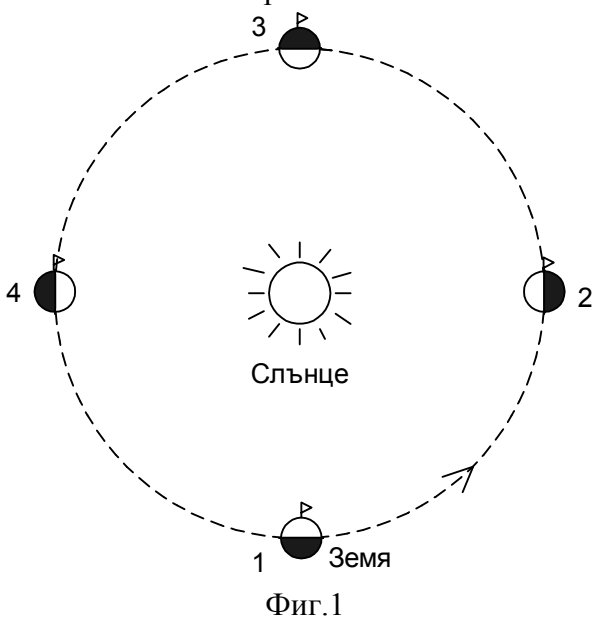
**3 задача. Ден и нощ.** Любимото забавление на безотговорен космически великан е да си играе с космическите тела като с билиардни топки, без да се замисля за съдбата на техните жители.

- **а.** Великанът се приближава към нашата планета, хваща я като малка ябълка в огромната си ръка и спира нейното въртене около оста. После я пуска да обикаля около Слънцето пак с период една година. Ще има ли тогава на Земята смяна на деня и нощта? Начертайте схема със Слънцето, земната орбита около него и няколко положения на Земята по нея. Поставете се на мястото на земен наблюдател в някаква точка от земното кълбо и помислете какво ще се наблюдава. Обяснете вашия отговор.

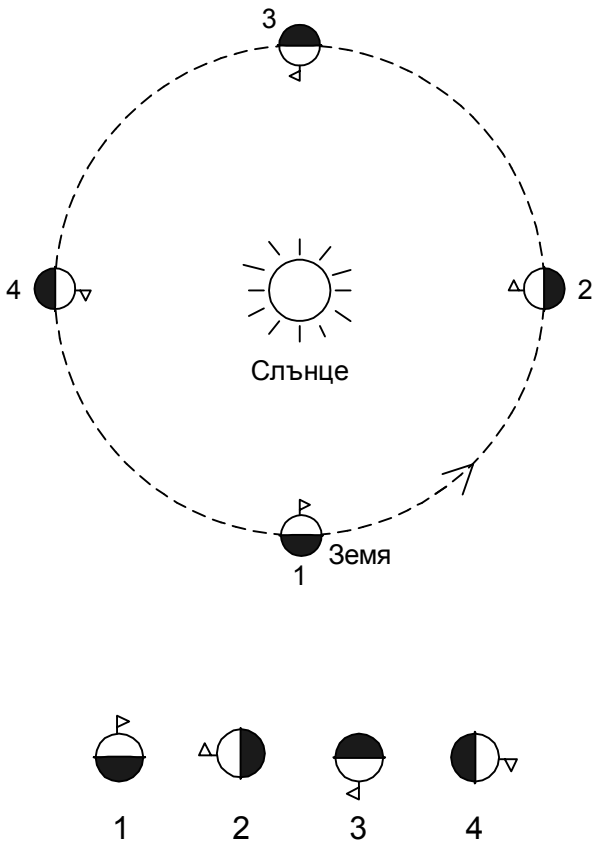
- **б.** Великанът продължава да се забавлява. Този път той се опитва да направи така, че Земята да обикаля около Слънцето за една година и на нея да няма смяна на деня и нощта. Т.е. ако вие живеете някъде по Земята и там е ден, то винаги да си остава ден. А ако някъде е нощ, винаги да си остава нощ. Може ли да стане това? Обяснете вашия отговор.

**Решение:**

Нека се намираме в някаква точка от земното кълбо и да я отбележим с флагче.



Да предположим, че в някакъв начален момент Земята е в положение 1 и както се вижда от Фигура 1, флагчето се намира в осветената от Слънцето страна на Земята, т.е. за нас е ден, или по-точно – средата на деня, пладне. В този момент великанът спира въртенето на Земята около оста ѝ. Оттук нататък, където и да отиде Земята по своята орбита около Слънцето, флагчето сочи все в едно и също направление – Земята не се върти. Но виждаме, че като стигнем до положение 3, за нас ще бъде нощ, по-точно средата на нощта, полунощ. Проследявайки по-нататък движението на Земята по нейната орбита, можем да се убедим, че ако Земята спре да се върти около оста си, за нас ще има смяна на ден и нощ. Тази смяна обаче ще става с период една година. Половин година ще е ден, половин година – нощ.



Фиг. 2

Сега да си представим ситуация, при която на Земята няма смяна на ден и нощ. Пак тръгваме от положение 1, в което за наблюдател в точката, означена с флагче, е пладне. Условието е да няма смяна на деня и нощта. Това трябва да важи за цялата Земя, за всяка точка от земното кълбо. Следователно, ако едната половина на земното кълбо е осветена в момента 1 и ако там е ден, то трябва да си остава ден през цялото време за всяка точка от тази половина. Единственият начин да стане това е Земята да остава обърната към Слънцето с една и съща своя страна през цялата година, както е показано на Фиг. 2. Но това няма да означава, че Земята не се върти около оста си. В долната част на фигурата са изнесени четирите положения на Земята, съответстващи на четири момента от годината. Вижда се, че всъщност земното кълбо се завърта около оста си веднъж с период една година, или същия период, с който то обикаля около Слънцето. Това е начинът да се осъществи второто условие – Земята да обикаля около Слънцето, да се върти около оста си, но да няма смяна на деня и нощта.

Критерии за оценяване (10 т.):

За подходяща схема по подусловие а. – 2 т.

За обяснение – 3 т.

За логично обяснение по подусловие б. – 3 т.

За извода, че е възможно Земята да се върти и да няма смяна на ден и нощ – 2 т.

**4 задача. Гледка от Европа.** Фантастичният пейзаж, който виждате (Фиг. 1), е от повърхността на Европа – спътник на Юпитер. Представете си, че наистина сте там, като член на бъдеща междупланетна мисия, и имате шанса да се любувате отблизо на величествената планета гигант.

- а. В каква посока се вижда Юпитер относно повърхността на Европа – север, юг, изток, запад?
- б. В кое полукълбо на Европа се намирате – северното или южното? А дали сте по-близо до полюса, или пък до екватора на Европа? Обяснете вашия отговор.
- в. Ако въведем за Европа координати, подобни на географските координати на Земята, то каква е приблизително вашата европейска ширина?
- г. Как ще се изменя фазата на Юпитер, гледана от Европа от този момент нататък?

Приемете, че Европа се движи по кръгова орбита в екваториалната равнина на Юпитер и оста на спътника е перпендикулярна на тази равнина (т.е. тя е успоредна на оста на Юпитер).

Голямото червено петно се намира в южното полукълбо на Юпитер. Считайте, че широката страна на картината е успоредна на хоризонта за наблюдателя на Европа.



Фиг. 1. Пейзаж от Европа

### Решение:

Голямото Червено петно е в южното полукълбо на Юпитер. На картината то се вижда в долната половина на планетата. Следователно северният полюс на Юпитер е отгоре. Оста на въртене на спътника Европа е успоредна на оста на Юпитер. Това означава, че нарисуваната гледка трябва да се вижда от северното полукълбо на самата Европа. Приемаме, че облачните ивици на Юпитер са успоредни на неговия екватор. Тогава, както се вижда от картината, неговата ос е наклонена надясно. Оттук следва, че и за наблюдателя на гледката от Европа посоката север е надясно. Така заключаваме, че гигантската планета се вижда в западна посока от даденото място на повърхността на спътника.

Относно отвесната линия за наблюдател на Европа оста на Юпитер е наклонена на доста малък ъгъл, очевидно по-малък от  $45^\circ$ . Щом осите на Юпитер и Европа са успоредни, то наблюдателят трябва да се намира по-близо до северния полюс на юпитерианския спътник, отколкото до екватора.

Измерваме с транспортир ъгъла между няколко от облачните ивици на Юпитер и хоризонтални прави, успоредни на широката страна на картината. Получаваме средна стойност около  $17^\circ$ . Оттук намираме, че нашата европейска ширина трябва да бъде:

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

Фазата на Юпитер е между напълно осветен кръг и последна четвърт. Промяната на фазата на Юпитер ще се определя от промяната в ъгъла между посоката, в която го наблюдаваме, и посоката на падащите върху планетата слънчеви лъчи. Промяната на гледната точка ще се определя от орбиталното движение на Европа около Юпитер. Европа, както и всички останали Галилееви спътници, се върти в права посока, т.е. против часовниковата

стрелка, гледано от север. Слевователно гледната точка ще се променя така, че ще се вижда все по-голяма част от нощната страна на Юпитер и все по малка част от осветената страна на планетата. Юпитер ще се вижда като все по-изтъняващ сърп. Така ще се променя неговата фаза.

Критерии за оценяване (15 т.):

*За определяне в каква посока се вижда Юпитер и обяснение – 3 т.*

*За посочване в кое полукълбо се намира наблюдателят – 2 т.*

*За определяне дали се намираме по-близо до полюса или до екватора и обяснение – 3 т.*

*За определяне на европейската ширина на мястото – 4 т.*

*За посочване и обяснение как ще се изменя фазата на Юпитер – 3 т.*

**5 задача. Зимно небе.** Разгледайте звездната карта (Фиг. 2). Тя показва част от звездното небе, което виждаме през зимата.

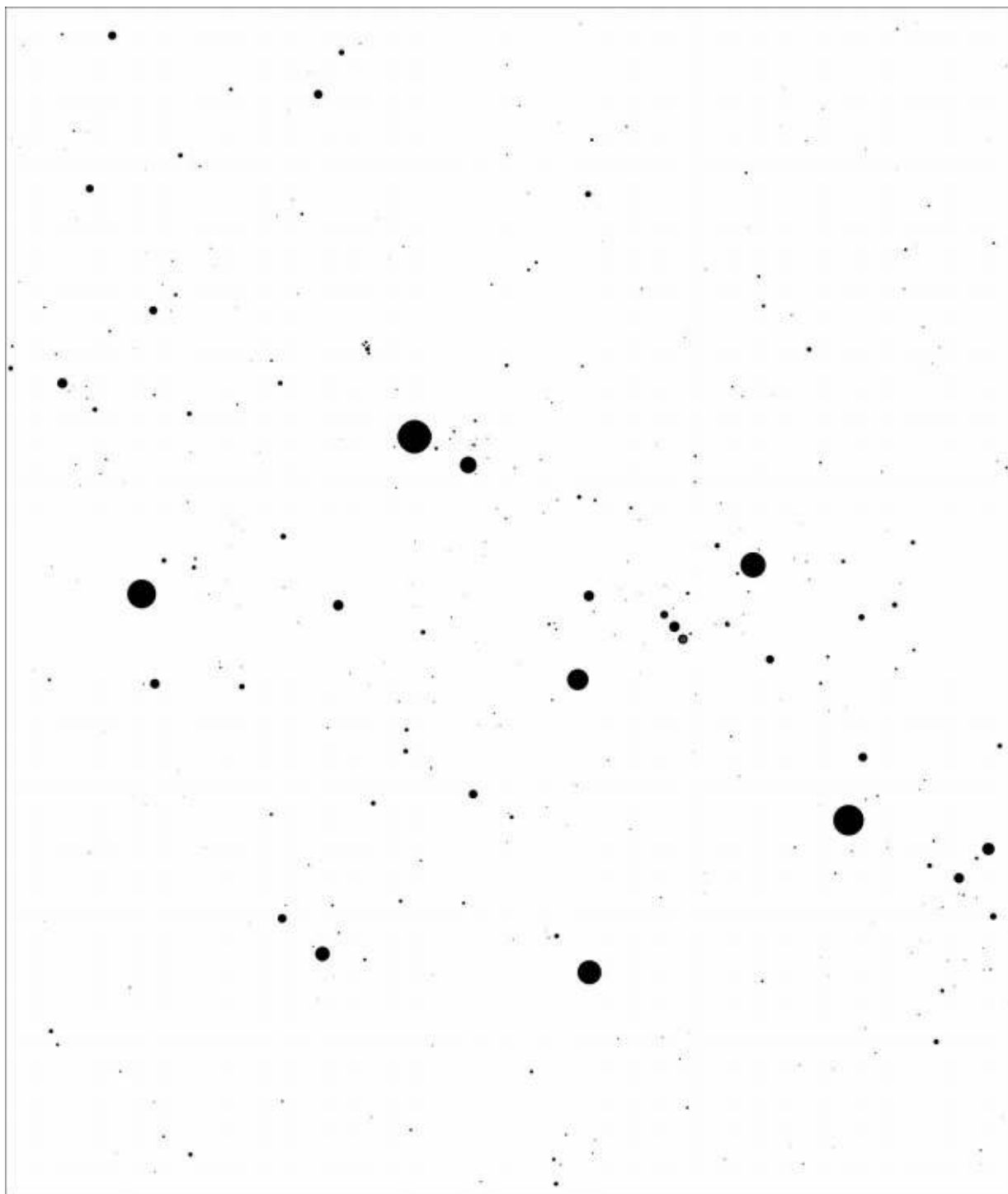
• **а.** Опитайте се да разпознаете поне пет съзвездия и ги означете с техните имена върху картата.

• **б.** Кои са шестте най-ярки обекта които виждате на картата? Означете имената им.

• **в.** Кой е най-близкият до нас обект, който е показан на картата?

• **г.** Намерете и обозначете върху картата групите от звезди, които са обособени в космическото пространство и съставени от много близки една до друга звезди, обединени от гравитационните сили помежду им. Отбележете имената на тези групи от звезди. Какво представляват те? По какво такива групи от звезди се различават от съзвездията?

• **д.** Коя от откритите от вас групи от звезди е най-близо до нас?



Фиг. 2. Звездна карта

**Решение:**

Върху дадената по-долу карта са означени повече от пет съзвездия. Участниците могат да посочат и обозначат които и да са пет от тях, или повече. Означени са и шестте най-ярки обекти – планетата Юпитер и звездите Сириус, Капела, Бетелгейзе, Белатрикс и Ригел. Най-близкият до нас обект, показан на картата, е планетата Юпитер. Звездите са на много по-големи разстояния.

Групите от действително близки звезди, обединени от гравитацията, са звездните купове. На картата можем да посочим звездните купове Плеяди и Хиади. *По-малко известен е купът Персей, разположен около звездата Мирфак –  $\alpha$  Персей.* Съзвездията са произволни фигури, измислени от хората за по-лесно ориентиране по небето. Звездите от едно съзвездие могат да са на много различни разстояния от нас и следователно много далеч една от друга. Те не са физически свързани помежду си. Звездните купове са съставени от звезди, които са близо една до друга и са относително трайни обединения, свързани от гравитацията и от общия си произход.

Най-близкият до нас звезден куп са Хиадите.

Критерии за оценяване (15 т.):

*За означаване на пет съзвездия – 5 т.*

*За означаване на шестте най-ярки обекти – 6 т.*

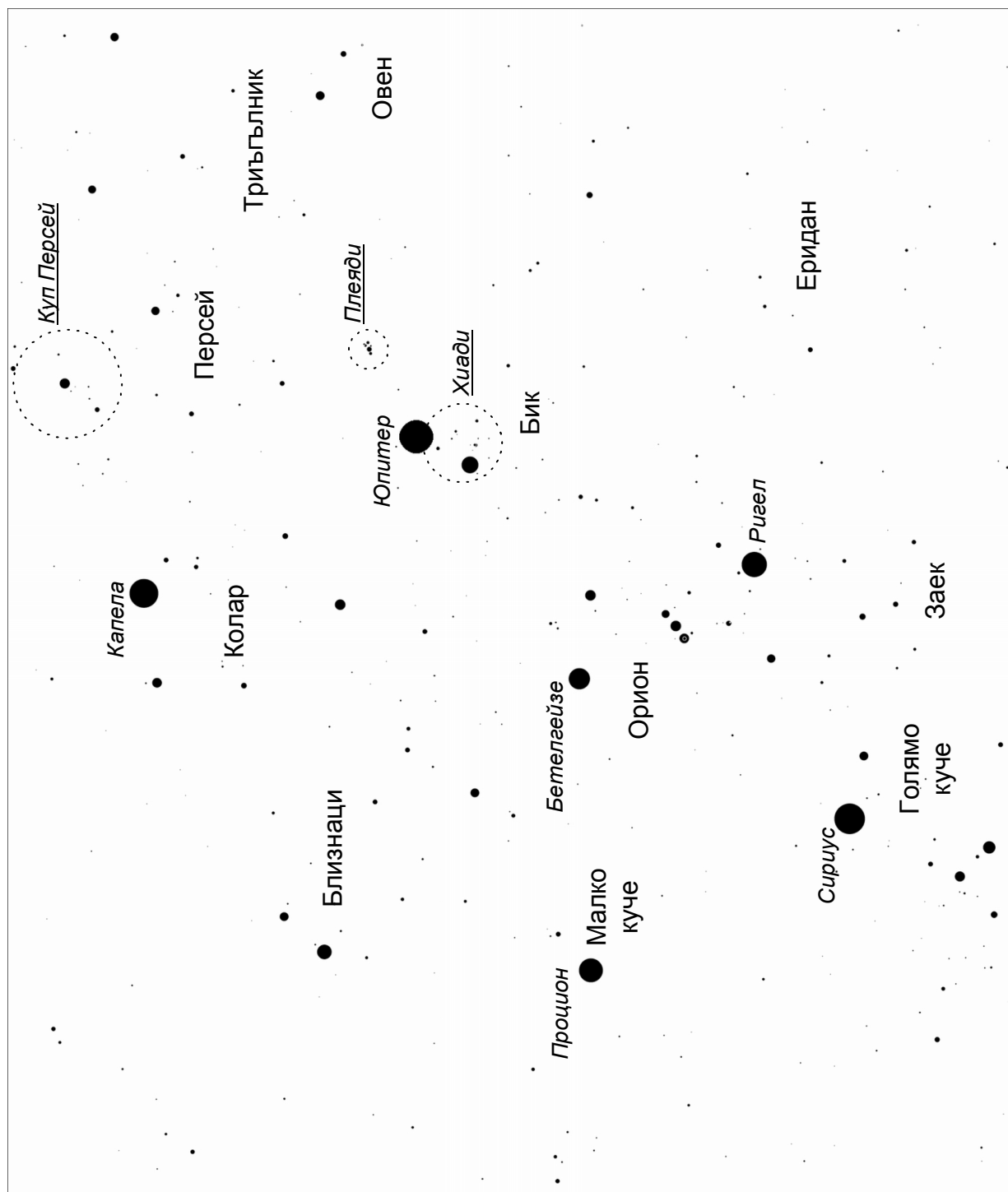
*За посочване на най-близкия до нас обект – 0.5 т.*

*За означаване на куповете Хиади и Плеяди – 2 т.*

*За обяснение на разликата между съзвездията и звездните купове – 1 т.*

*За посочване на най-близкия до нас звезден куп – 0.5 т.*

*За означаване на брой съзвездия над пет, на повече звезди и на купа Персей могат да се дават допълнителни точки за награда.*



Фиг. 2. Звездна карта



## МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА

### ОБЛАСТЕН КРЪГ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ – 23.02.2013 г.

#### КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА ТЕМАТА ЗА ВЪЗРАСТОВА ГРУПА – IX–X КЛАС

**1 задача. В кратера Мьостинг.** Вие сте на Луната, в средата на кратера Мьостинг, който се намира почти в центъра на видимия от Земята лунен диск. Кратерът има диаметър 26 км и височина на обграждащия го вал 2.8 км.

- **а.** Какво ще виждате в небето по време на лунната нощ? А по време на лунния ден?
- **б.** Опишете един слънчев изгрев. Помислете за необикновените детайли, които ще видите.
- **в.** Кога през лунната нощ за вас ще бъде най-тъмно? Отговорете само качествено.
- **г.** Има ли обстоятелства при които ще бъде по-тъмно от обикновената нощ? Опишете какво ще наблюдавате тогава. В коя част от денонощието може да се случи това?
- **д.** Направете подходящ чертеж в съответния мащаб и чрез измервания върху него определете колко ще продължава за вас лунният ден – интервалът между изгрева и залеза на центъра на видимия слънчев диск.

Приемете, че орбитите на Луната и Земята са кръгови и няма физически и оптически либрации.

Синодичният период на Луната е 29.5 денонощия.

#### **Решение:**

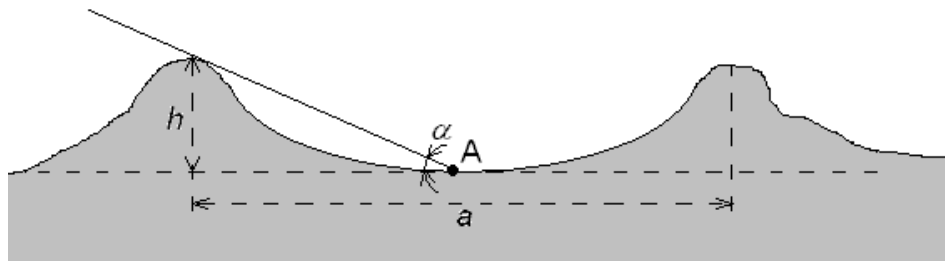
От центъра на видимия от Земята лунен диск ще виждаме в зенита самата Земя и при липса на либрации тя ще стои там във фиксирано положение. През нощта ще виждаме звездите и Земята, осветена от Слънцето. Ако не отчитаме по-късния слънчев изгрев и поранния залез поради височината на вала на кратера, нощта за нас ще продължава колкото половината от синодичния лунен месец, или около 15 земни денонощия. През това време Земята ще изменя своята фаза от първа четвърт през „пълноземие” до последна четвърт. „Пълноземието” ще бъде в момента на лунната полунощ. През деня отново ще се виждат звездите на фона на тъмно черно небе, защото на Луната няма въздух, който да разсейва слънчевата светлина. Ще виждаме Слънцето, което ще изгрява приблизително от изток и ще залязва приблизително на запад. Земята ще изменя своята фаза от последна четвърт през „новоземие” до първа четвърт. „Новоземието” ще бъде в момента на лунното пладне. Тогава Слънцето ще бъде на малко ъглово отстояние от Земята, а Земята ще е като съвсем тънък сърп.

Понеже няма разсейване на светлината от атмосферата, на Луната няма утринен или вечерен здрач. Небето е черно винаги. Малко преди изгрева на видимия слънчев диск над заобикалящия кратера вал ще се появи красивото сияние на слънчевата корона. Ние на Земята можем да я виждаме само при пълно слънчево затъмнение, но понеже на Луната няма въздух, тя ще се откроява много по-добре на тъмното небе и ще може да се различава на неговия фон до по-големи ъгли разстояние около Слънцето. Преди да видим Слънцето, то ще освети високите върхове от пръстеновидния вал на кратера, които ще блестят на фона на тъмното небе. Постепенно осветяването ще обхване цялата западна стена на кратера. Осветената част от вътрешността на кратера ще се увеличава и когато достигне до центъра на кратера, слънчевият диск ще започне да се показва над източния му ръб.

Най-яркото светило на лунното небе през нощта ще бъде Земята. В средата на нощта тя ще е в „пълноземие” и тогава ще бъде най-светло. Следователно най-тъмно по време на лунната нощ ще бъде малко преди изгрева на Слънцето сутрин или малко след залеза му вечер, когато Земята ще е близо до фаза последна или първа четвърт.

По-тъмно от обикновеното за лунната нощ може да стане, ако Луната навлезе в земната сянка. Тогава на Земята би се наблюдавало лунно затъмнение, а на Луната – слънчево затъмнение – Земята ще закрие Слънцето. Това може да се случи по време на лунното пладне – по средата на лунния ден. Интересното е, че при слънчево затъмнение за лунен наблюдател би било много по-тъмно, отколкото при слънчево затъмнение за земен наблюдател, понеже на Земята поради разсейването на слънчевата светлина в атмосферата, при слънчево затъмнение наистина притъмнява, но далеч не толкова, колкото може да е тъмно през нощта. *Най-тъмно ще бъде при най-тъмните лунни затъмнения, когато осветената от Слънцето атмосфера на Земята свети най-слабо.*

Начертаваме профил на кратера Мьостинг в подходящ мащаб съобразно неговия диаметър  $a$  и височината на вала  $h$ . Отбелязваме с точка А в центъра му нашето положение.



Ако се намирахме върху някоя обширна лунна равнина, то от изгрева до залеза на Слънцето за нас щеше да има половин лунно денонощие (без да отчитаме закривяването по земната орбита), т.е. половин синодичен лунен месец –  $29.5 : 2 = 14.75$  земни денонощия. Слънцето ще изминава при своето видимо денонощно движение  $180^\circ$  по небето. Поради ограничението на вала, заобикалящ кратера, в неговия център изгревът на Слънцето за нас ще се случва малко по-късно, а залезът малко по-рано. Измерваме с транспортир ъгъла  $\alpha$  и получаваме около  $12^\circ$ . Следователно за нас по небето от изгрев до залез центърът на слънчевия диск ще изминава  $180^\circ - 2 \times 12^\circ = 156^\circ$ . Времето от изгрева до залеза ще бъде:

$$14.75 \times \frac{156^\circ}{180^\circ} \approx 12.78 \text{ земни денонощия}$$

*Критерии за оценяване (14 т.):*

*За описание и обяснение какво ще се вижда през лунния ден и лунната нощ – 3 т.*

*За описание на слънчев изгрев – 2 т.*

*За посочване и обяснение кога през лунната нощ ще е най-тъмно – 2 т.*

*За посочване на слънчевото затъмнение като време, когато ще е по-тъмно от обикновената нощ и обяснение – 2 т.*

*За правилен метод за определяне на времето от изгрева до залеза в кратера – 4 т.*

*За правилен числен отговор – 1 т.*

**2 задача. Откритие.** Съществуването на планетата Нептун е било теоретично предсказано от френския математик Урбен Льоверие. Много скоро след това откритието на планетата е било потвърдено от немския астроном Йохан Гале, който я е наблюдавал с телескоп на 23.IX.1846 г. На 12.VII.2011 г. се навърши една нептунианска година от това откритие (година за планетата Нептун). От 2011 г. досега, Нептун се наблюдава в съзвездието Водолей.

Твърди се, че всъщност първият астроном, наблюдавал Нептун, е бил още Галилео Галилей. Това е станало на 23.I.1613 г., но Галилей не е могъл да забележи диска на Нептун

като планета със своя малък телескоп, а го е виждал само като светеща точка, неразличима от звездите.

- Определете периода на обикаляне на Нептун около Слънцето – нептунианската година.
- В кое съзвездие е бил Нептун, когато го е наблюдавал Галилео Галилей?

#### **Решение:**

От момента на първото наблюдение на Нептун на 23.IX.1846 г. до 23.IX.2010 г. са изминали  $2010 - 1846 = 164$  години. От тях  $164 : 4 = 41$  години би трябвало да са били високосни. Но 1900 г. не е била високосна съгласно правилото, въведено с Григорианския календар. Тоза уточнение, обаче, не е толкова важно, предвид точността, която се изисква за решаването на задачата. Следователно в тези 164 години се съдържат  $164 \times 365 + 40 = 59900$  дни. До навършването на една нептунианска година на 12.VII.2011 г. са изминали още:

$7$  (септември) +  $31$  (октомври) +  $30$  (ноември) +  $31$  (декември) +  $31$  (януари) +  $28$  (февруари) +  $31$  (март) +  $30$  (април) +  $31$  (май) +  $30$  (юни) +  $12$  (юли) =  $292$  дни

Периодът на обикаляне на Нептун около Слънцето е  $59900 + 292 = 60192 : 365.25 \approx 164.80$  год.

Щом сега и през 2011 г. Нептун се наблюдава в съзвездието Водолей, то и преди една нептунианска година, през 1846 г. той също се е наблюдавал в това съзвездие. Да пресметнем колко време назад от наблюдението на Йохан Гале е било направено наблюдението на Галилей. От 23.I.1613 г. до 23.IX.1846 г. са изминали  $1846 - 1613 = 233$  год. и 8 месеца или приблизително  $233.67$  год. Този интервал представлява  $233.67 : 164.80 \approx 1.42$  нептуниански години. Тъй като Нептун е значително по-далеч от Слънцето, отколкото Земята, то можем да считаме за целите на решението на тази задача, че от Земята Нептун ще се вижда проектиран на фона на същото зодиакално съзвездие, както и за наблюдател на Слънцето. За една нептунианска година проекцията на планетата Нептун, гледана от Слънцето, прави едно пълно пътешествие по зодиакалния кръг. Дробната част от  $0.42$  нептуниански години съответства приблизително на  $12 \times 0.42 \approx 5$  зодиакални знака. Следователно, когато Галилей е наблюдавал Нептун, той трябва да се е виждал в съзвездие, което е с пет съзвездия назад по зодиакалния кръг от Водолей, или това е съзвездието Дева.

#### Критерии за оценяване (10 т.):

*За правилен метод за определяне на орбиталния период на Нептун – 4 т.*

*За верен числен отговор – 1 т.*

*За съобразяване, че за една нептунианска година Нептун видимо изминава пълен кръг по зодиака – 1 т.*

*За правилен начин на определяне на положението на Нептун при наблюдението на Галилей – 3 т.*

*За правилно определяне на съзвездието – 1 т.*

**3 задача. Гледка от Калисто.** Фантастичният пейзаж, който виждате, е от повърхността на Калисто – спътник на Юпитер (Фиг. 1). Представете си, че наистина сте там, като член на бъдеща междупланетна мисия, и имате шанса да се любувате отблизо на величествената планета гигант.

- **а.** В каква посока се вижда Юпитер относно повърхността на Калисто – север, юг, изток, запад?
- **б.** Как ще се изменя фазата на Юпитер, гледана от Калисто от този момент нататък?
- **в.** Ако въведем за Калисто координати, подобни на географските координати на Земята, то каква е приблизително вашата калистеанска ширина?

- г. Нека денонощието на Калисто разделим на 24 калистеански часа. Приблизително колко е часът за вас при това наблюдение по калистеанско време?

Имайте предвид, че подобно на Луната, Калисто винаги е обърнат към Юпитер с една и съща своя страна. Приемете, че Калисто се движи по кръгова орбита в екваториалната равнина на Юпитер и оста на спътника е перпендикулярна на тази равнина. Голямото червено петно се намира в южното полукълбо на Юпитер. Считайте, че широката страна на картината е успоредна на хоризонта за наблюдателя на Калисто.



**Фиг. 1. Гледка от Калисто.**

**Решение:**

Голямото Червено петно е в южното полукълбо на Юпитер. На картината то се вижда в долната половина на планетата. Следователно северният полюс на Юпитер е отгоре. Оста на въртене на спътника Калисто е перпендикулярна на екваториалната равнина на Юпитер, т.е. тя е успоредна на оста на Юпитер. Това означава, че нарисуваната гледка трябва да се вижда от северното полукълбо на Калисто. Приемаме, че облачните ивици на Юпитер са успоредни на неговия екватор. Тогава, както се вижда от картината, неговата ос е наклонена наляво. Оттук следва, че и за наблюдателя на гледката от Калисто посоката север е наляво. Така заключаваме, че гигантската планета се вижда в източна посока от даденото място на повърхността на спътника.

Промяната на фазата на Юпитер ще се определя от промяната в ъгъла между посоката, в която го наблюдаваме, и посоката на падащите върху планетата слънчеви лъчи. Промяната на гледната точка ще се определя от орбиталното движение на Калисто около Юпитер. Калисто, се върти в права посока, т.е. против часовниковата стрелка, гледано от север. Следователно гледната точка ще се променя така, че ще се вижда все по-голяма част от дневната страна на Юпитер и все по малка част от нощната страна на планетата. Юпитер ще се вижда като все по-изпълващ се светъл кръг. Така ще се променя неговата фаза.

Осите на Юпитер и Калисто са успоредни. Виждаме, че оста на Юпитер е наклонена под някакъв ъгъл към хоризонта. Измерваме с транспортир ъгъла между няколко от облачните

ивици на Юпитер и хоризонтални прави, успоредни на широката страна на картината. Получаваме средна стойност около  $37^\circ$ . Оттук намираме, че нашата калистеанска ширина трябва да бъде:

$$90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

Фазата на Юпитер, видима от Калисто е около първа четвърт. Калисто, подобно на нашата Луна, е винаги обърнат с една и съща страна към Юпитер. Това означава, че периодът на околоосно въртене на Калисто е равен на периода му на обикаляне около планетата. Следователно слънчевото денонощие на Калисто е равно на синодичния период на този спътник, а значи и на периода на смяна на фазите на Юпитер, гледани от спътника. От осветяването на Юпитер на картината се вижда, че за наблюдателя от Калисто Слънцето трябва да е приблизително на юг и значи там е около пладне, 12 часа по калистеанско време. Ако трябва да сме по-точни, имайки предвид, че фазата на Юпитер е съвсем малко след първа четвърт, то можем да кажем, че по калистеанско време е примерно около 12 ч. 30 мин.

Критерии за оценяване (12 т.):

*За определяне в каква посока се вижда Юпитер и обяснение – 3 т.*

*За посочване и обяснение как ще се изменя фазата на Юпитер – 3 т.*

*За определяне на калистеанската ширина на мястото – 3 т.*

*За определяне колко е часът по калистеанско време и обяснение – 3 т.*

**4 задача. Проблем с енергията.** Геостационарните спътници се движат по екваториални орбити с период, равен на периода на въртене на Земята. Така всеки от тях „виси” над една и съща точка от земния екватор. Радиусът на орбитата на геостационарен спътник е приблизително 6.5 пъти по-голям от радиуса на Земята.

За да работи електрониката на геостационарен спътник, използван за телекомуникации, е необходим източник на електроенергия с мощност 10 киловата. Електроенергията се произвежда от слънчеви елементи. Част от нея се използва за зареждане на акумулаторна батерия, осигуряваща работата на спътника в интервалите от време, когато Земята закрива Слънцето.

• **а.** Кога през годината слънчевите затъмнения за спътника, причинени от Земята, ще са най-продължителни?

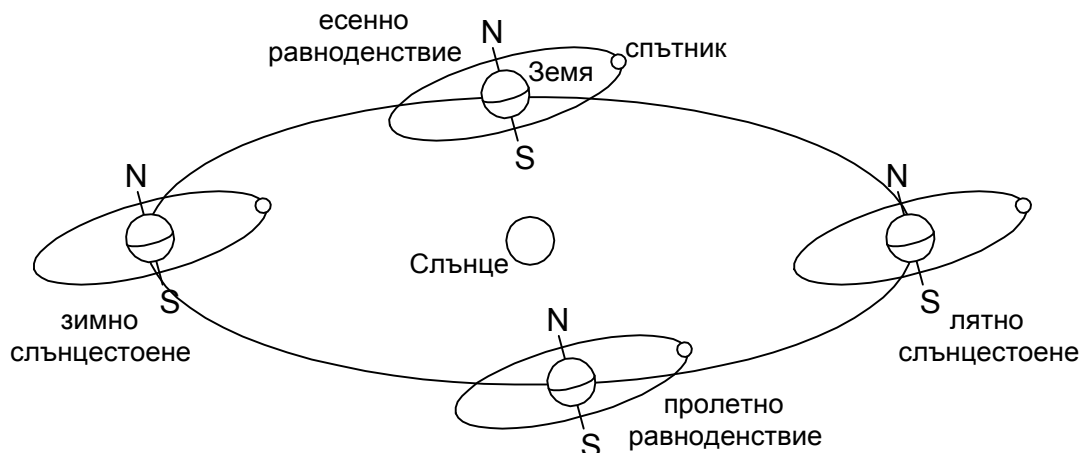
• **б.** Начертайте в подходящ мащаб земното кълбо и орбитата на спътника около него. Направете необходимите построения и измервания и определете продължителността на слънчево затъмнение, случващо се в такъв най-неблагоприятен период.

• **в.** В същия неблагоприятен период, през интервалите без затъмнение с каква мощност трябва да работят слънчевите елементи, за да обезпечават както работата на спътника, така и зареждането на батерията? Пресметнете приблизително, без да отчитате факта, че ще има и частични фази на датъмнението, т.е. считайте Слънцето за точков източник на светлина.

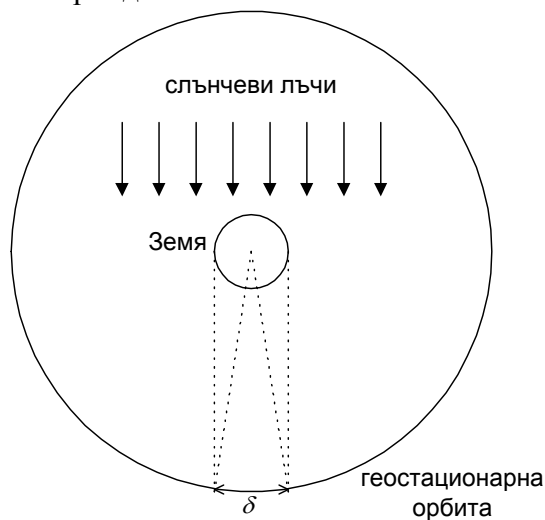
• **г.** Кога през годината затъмненията няма да са проблем за спътника? Отговорете само качествено.

**Решение:**

Геостационарният спътник се движи в екваториалната равнина на Земята. Поради наклона на земната ос, в различни периоди от годината затъмненията на спътника от Земята ще продължават различно.



Както се вижда от схемата, максимална продължителност ще имат затъмненията в периодите около пролетното и есенното равноденствие. Орбитата на спътника има голям радиус в сравнение с радиуса на Земята. Ето защо, ще има периоди от годината, когато през целия си орбитален период спътникът няма да попада в земната сянка и затъмнения няма да има. Тогава няма да има и проблем с електроснабдяването пряко от слънчевите елементи. Това са периодите около лятното и зимно слънцестоене.



Пренебрегваме факта, че земната сянка има форма на конус и се стеснява с отдалечаване от Земята. Считаме сянката за цилиндрична. За да има максимална продължителност на затъмнението от Земята спътникът трябва да мине не по хорда, а по диаметъра на земната сянка. Начертаваме в съответния мащаб Земята и орбитата на спътника. Измерваме с транспортир ъгъла  $\delta$ , съответстващ на затъмнения сектор от орбитата на спътника, и получаваме приблизително  $17.5^\circ$ . По принцип орбиталният период на геостационарен спътник е равен на периода на околоосно въртене на Земята, т.е. на звездното денонощие – 23 ч. 56 м. Приемаме, че попадането на спътника в сянката на Земята става през период от 24 часа.

Продължителността на затъмнението ще бъде:

$$\Delta t = 24^h \times \frac{17.5^\circ}{360^\circ} \approx 1.17^h = 1^h 10^{\text{min}}$$

Слънчевите елементи ще могат да произвеждат електроенергия през останалата част от периода, която е  $\Delta T = 24^h - 1.17^h = 22.83^h$ . Електрониката на спътника се нуждае от източник на енергия с мощност  $P = 10 \text{ kW}$ . За цялото време на затъмнението необходимата енергия ще бъде:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t$$

Слънчевите елементи трябва да произведат тази енергия в интервала без затъмнение, за да се зареди батерията. Следователно през този период елементите ще трябва да работят с мощност:

$$P' = P + \frac{\Delta E}{\Delta T} = P \left( 1 + \frac{\Delta t}{\Delta T} \right)$$

$$P' \approx 10.5 \text{ kW}$$

Критерии за оценяване (общо 12 т.)

За посочване на периодите с най-продължителни затъмнения и обяснение – 2 т.

За построяване на схема и правилен начин за определяне на продължителността на затъмнението – 3 т..

За верен числен отговор – 1 т.

За правилен математически метод за определяне на мощността в интервалите без затъмнение – 3 т.

За вярно числено пресмятане на мощността – 1 т.

За правилно обяснение дали и кога ще има периоди без затъмнения – 2 т.

**5 задача. Два кораба.** Два космически кораба се изстрелват едновременно от едно и също място на земния екватор и тръгват по кръгови екваториални орбити с период 99 минути в две противоположни посоки.

• **б.** Първият кораб каца на Земята, след като е направил 26 обиколки около нея, а вторият – след като е направил 27 обиколки. Определете на какво разстояние от мястото на изстрелване каца първият кораб.

• **в.** Определете разстоянието между местата на кацане на двата кораба.

Приемаме, че орбитите на корабите се различават съвсем незначително, колкото двата кораба, движещи се в противоположни посоки, да не се сблъскват при срещите си.

Екваториалният радиус на Земята е 6378 км.

**Решение:**

Да пресметнем интервала от време, през който първият кораб лети около Земята:

$$t_1 = 26 \times 99^{\text{min}} = 2574^{\text{min}} = 42.9^{\text{h}}$$

Орбиталното движение на кораба е независимо от околоосното въртене на Земята, което става с период  $T = 23^{\text{h}}56^{\text{min}} = 1436^{\text{min}}$ . Следователно за определяне на мястото на кацане на кораба посоката на неговото движение по екваториалната му орбита няма значение. Единствено значение има продължителността на полета му.. Можем да определим ъгъла, на който се е завъртяла Земята за времето на полета на кораба:

$$\alpha = 360^\circ \times \frac{t_1}{T}$$

$$\alpha \approx 645.29^\circ = 360^\circ + 285.29^\circ$$

За времето на полета на кораба Земята е направила едно пълно завъртане около оста си плюс още завъртане на ъгъл  $285.29^\circ$ . Земята се върти от запад на изток, което значи, че корабът е кацнал в точка, отстояща на  $285.29^\circ$  западно от точката на излитане. Всъщност по-удобно е да считаме, че точката на кацане е на  $360^\circ - 285.29^\circ = 74.71^\circ$  източно от точката на излитане. Това съответства на разстояние:

$$x = 2\pi R \times \frac{74.71^\circ}{360^\circ} \approx 8317 \text{ км}$$

където  $R$  е земният радиус.

Вторият кораб е направил една обиколка повече и значи е летял с 99 минути по-дълго от първия. За това време Земята се е завъртяла още на ъгъл:

$$\Delta\alpha = 360^\circ \times \frac{99^{\text{min}}}{T} \approx 24.82^\circ$$

Това отговаря на разстояние:

$$\Delta x = 2\pi R * \frac{24.82^\circ}{360^\circ} \approx 2763 \text{ км}$$

Вторият кораб е кацнал на разстояние 2763 км западно от точката на кацане на първия кораб.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

*За разбиране на факта, че орбиталното движение на корабите не зависи от въртенето на Земята и разстоянията между стартовата точка и точката на приземяване зависи само от времето на полета - 2 т.*

*За правилна математическа постановка на решението за точката на кацане на първия кораб – 5 т.*

*За верен числен отговор – 1 т.*

*За правилен начин за определяне на разстоянието между точките на кацане на двата кораба – 3 т.*

*За верен числен отговор – 1 т.*



## МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА

### ОБЛАСТЕН КРЪГ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ – 23.02.2013 г.

#### КРИТЕРИИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА ТЕМАТА ЗА ВЪЗРАСТОВА ГРУПА – XI-XII КЛАС

**1 задача. В кратера Мьостинг.** Вие сте на Луната, в средата на кратера Мьостинг, който се намира в центъра на видимия от Земята лунен диск. Кратерът има диаметър 26 км и височина на обграждащия го вал 2.8 км.

- **а.** Какво ще виждате в небето по време на лунната нощ? А по време на лунния ден?
- **б.** Опишете един слънчев изгрев. Помислете за необикновените детайли, които ще видите.
- **в.** Кога през лунната нощ за вас ще бъде най-тъмно? Отговорете само качествено.
- **г.** Има ли обстоятелства при които ще бъде по-тъмно от обикновената нощ? Опишете какво ще наблюдавате тогава. В коя част от денонощието може да се случи това?
- **д.** Пресметнете колко ще продължава за вас лунният ден – интервалът между изгрева и залеза на центъра на видимия слънчев диск.

Приемете, че орбитите на Луната и Земята са кръгови и няма физически и оптически либрации.

#### **Решение:**

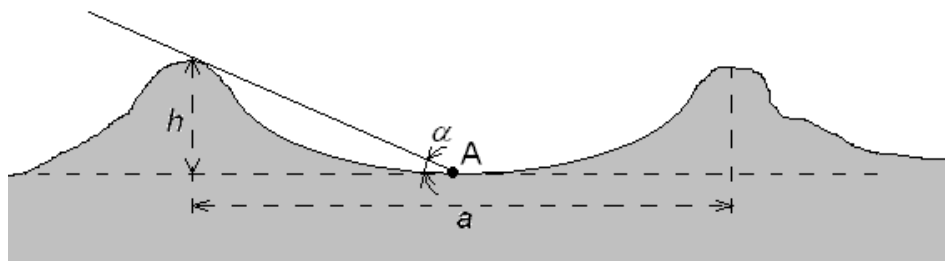
От центъра на видимия от Земята лунен диск ще виждаме в зенита самата Земя и при липса на либрации тя ще стои там във фиксирано положение. През нощта ще виждаме звездите и Земята, осветена от Слънцето. Ако не отчитаме по-късния слънчев изгрев и поранния залез поради височината на вала на кратера, нощта за нас ще продължава колкото половината от синодичния лунен месец, или около 15 земни денонощия. През това време Земята ще изменя своята фаза от първа четвърт през „пълноземие” до последна четвърт. „Пълноземието” ще бъде в момента на лунната полунощ. През деня отново ще се виждат звездите на фона на тъмно черно небе, защото на Луната няма въздух, който да разсейва слънчевата светлина. Ще виждаме Слънцето, което ще изгрява приблизително от изток и ще залязва приблизително на запад. Земята ще изменя своята фаза от последна четвърт през „новоземие” до първа четвърт. „Новоземието” ще бъде в момента на лунното пладне. Тогава Слънцето ще бъде на малко ъглово отстояние от Земята, а Земята ще е като съвсем тънък сърп.

Понеже няма разсейване на светлината от атмосферата, на Луната няма утринен или вечерен здрач. Небето е черно винаги. Малко преди изгрева на видимия слънчев диск над заобикалящия кратера вал ще се появи красивото сияние на слънчевата корона. Ние на Земята можем да я виждаме само при пълно слънчево затъмнение, но понеже на Луната няма въздух, тя ще се откроява много по-добре на тъмното небе и ще може да се различава на неговия фон до по-големи ъгли разстояния около Слънцето. Преди да видим Слънцето, то ще освети високите върхове от пръстеновидния вал на кратера, които ще блестят на фона на тъмното небе. Постепенно осветяването ще обхване цялата западна стена на кратера. Осветената част от вътрешността на кратера ще се увеличава и когато достигне до центъра на кратера, слънчевият диск ще започне да се показва над източния му ръб.

Най-яркото светило на лунното небе през нощта ще бъде Земята. В средата на нощта тя ще е в „пълноземие” и тогава ще бъде най-светло. Следователно най-тъмно по време на лунната нощ ще бъде малко преди изгрева на Слънцето сутрин или малко след залеза му вечер, когато Земята ще е близо до фаза последна или първа четвърт.

По-тъмно от обикновеното за лунната нощ може да стане, ако Луната навлезе в земната сянка. Тогава на Земята би се наблюдавало лунно затъмнение, а на Луната – слънчево затъмнение – Земята ще закрие Слънцето. Това може да се случи по време на лунното пладне – по средата на лунния ден. Интересното е, че при слънчево затъмнение за лунен наблюдател би било много по-тъмно, отколкото при слънчево затъмнение за земен наблюдател, понеже на Земята поради разсейването на слънчевата светлина в атмосферата, при слънчево затъмнение наистина притъмнява, но далеч не толкова, колкото може да е тъмно през нощта. *Най-тъмно ще бъде при най-тъмните лунни затъмнения, когато осветената от Слънцето атмосфера на Земята свети най-слабо.*

Начертаваме профил на кратера Мьостинг. Осначаваме неговия диаметър с  $a$  и височината на вала с  $h$ . Отбелязваме с точка А в центъра му нашето положение.



Ако се намирахме върху някоя обширна лунна равнина, то от изгрева до залеза на Слънцето за нас щеше да има половин лунно денонощие (без да отчитаме закривяването по земната орбита), т.е. половин синодичен лунен месец –  $29.5 : 2 = 14.75$  земни денонощия. Слънцето ще изминава при своето видимо денонощно движение  $180^\circ$  по небето. Поради ограничението на вала, заобикалящ кратера, в неговия център изгревът на Слънцето за нас ще се случва малко по-късно, а залезът малко по-рано. Пресмятаме ъгъла  $\alpha$  от съотношението:  $\operatorname{tg} \alpha = h/(a/2)$  и получаваме около  $12^\circ$ . Следователно за нас по небето от изгрев до залез центърът на слънчевия диск ще изминава  $180^\circ - 2 \times 12^\circ = 156^\circ$ . Времето от изгрева до залеза ще бъде:

$$14.75 \times \frac{156^\circ}{180^\circ} \approx 12.78 \text{ земни денонощия}$$

Критерии за оценяване (14 т.):

За описание и обяснение какво ще се вижда през лунния ден и лунната нощ – 3 т.

За описание на слънчев изгрев – 2 т.

За посочване и обяснение кога през лунната нощ ще е най-тъмно – 2 т.

За посочване на слънчевото затъмнение като време, когато ще е по-тъмно от обикновената нощ и обяснение – 2 т.

За правилен метод за определяне на времето от изгрева до залеза в кратера – 4 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

**2 задача. Обитаеми планети.** Една от близките до Слънцето звезди – Gliese 581 – се намира на разстояние около 20 светлинни години. Тя е червено джудже със светимост 77 пъти по-слаба от светимостта на Слънцето. Около тази звезда са открити шест планети, данните за които виждате в таблицата.

### Планетна система на Gliese 581

Планета (Обозначение)	Маса (Земни маси)	Голяма полуос на орбитата (астр. единици)	Орбитален период (Земни денонощия)
Gliese 581 e	1.7	0.028453	3.14867
Gliese 581 b	15.6	0.040616	5.36841
Gliese 581 c	5.6	0.072993	12.9191
Gliese 581 g	3.1	0.14601	36.562
Gliese 581 d	5.6	0.21847	66.87
Gliese 581 f	7.0	0.758	433

Зоната благоприятна за живот около нашето Слънце се простира от 0.8 до 2.0 астрономически единици разстояние. Това е зоната, в която на планетите с достатъчно атмосферно налягане на повърхността може да има течна вода.

- Какво може да се каже за възможността да има обитаеми планети около Gliese 581?

#### Решение:

Предполагаме, че в зоната благоприятна за живот около Gliese 581 осветеността, създавана от тази звезда, е същата като осветеността, създавана от Слънцето в рамките на неговата зона благоприятна за живот. Осветеността е обратно пропорционална на квадрата на разстоянието до звездата. Светимостта на Gliese 581 е 77 пъти по-слаба от слънчевата. Следователно всяка от границите на зоната благоприятна за живот там трябва да е  $\sqrt{77} \approx 8.77$  пъти по-близка до звездата, отколкото в случая на нашата Слънчева система. Това съответства на граници между  $0.8/8.77 \approx 0.091$  AU и  $2.0/8.77 \approx 0.228$  AU. Както се вижда от таблицата, в тази зона попадат планетите Gliese 581 g и d. Но планетата Gliese 581 d е много близо до външната граница на зоната. Ако нейната орбита има достатъчно голям ексцентрицитет, в значителна част от орбиталния си период тази планета може да се оказва извън зоната благоприятна за живот. Тази планета има доста голяма маса – около 6 пъти надвишаваща земната маса. Наистина при по-силното си гравитационно привличане тя би задържала около себе си по-плътна атмосфера, която може би осигурява парников ефект и вследствие на това – по-висока температура на повърхността. Но от друга страна твърде силната гравитация на повърхността би могла да се окаже и не особено благоприятен фактор за развитието на живот там. Най-големи надежди могат да се възложат на планетата Gliese 581 g. Тя е близо до средата на зоната благоприятна за живот и нейната маса е само около 3 пъти по-голяма от земната маса.

Самата звезда Gliese 581 има един параметър, който е благоприятен за появата и развитието на живот на планета около нея. Това е звезда червено джудже с малка маса, от което следва, че ще има дълъг живот в стабилно състояние – много по-продължителен дори от живота на нашето Слънце.

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

*За правилен метод за определяне на границите на зоната благоприятна за живот около Gliese 581 – 2 т.*

*За верни пресмятания – 2 т.*

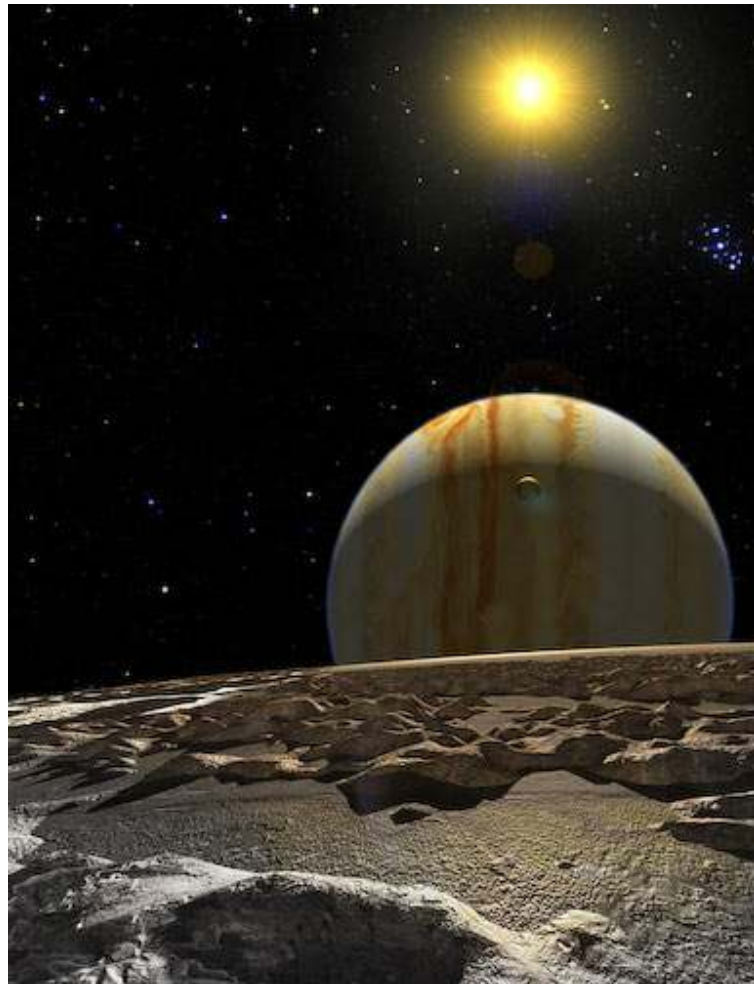
*За определяне кои от планетите попадат в тази зона – 2 т.*

*За разсъждения относно възможността планетата Gliese 581 g да е обитаема – 2 т.*

*За разсъждения относно възможността планетата Gliese 581 d да е обитаема – 2 т.*

**3 задача. Космическа картина.** Фантастичният пейзаж, който виждате, е от повърхността на Европа – спътник на Юпитер (Фиг. 1). Представете си, че наистина сте там, като член на бъдеща междупланетна мисия, и имате шанса да се любувате отблизо на величествената планета гигант.

- Дали наистина може да се види това, което е изобразено на картината? Изследвайте я внимателно, като направите необходимите построения и измервания и преценете правилно ли е нарисувана тя. Не обръщайте внимание на видимите размери на Слънцето и на звездното небе.



Фиг. 1. Космическа картина – Европа

**Решение:**

Нека определим видимия ъглов диаметър на Юпитер за наблюдател от Европа. Трябва да имаме предвид, че Европа е доста близо до Юпитер и радиусът на нейната орбита е само около 9 пъти по-голям от радиуса на Юпитер. Затова използваме поточни геометрични разсъждения. Да означим с  $R$  радиуса на Юпитер, с  $r$  радиуса на орбитата на Европа и с  $\rho$  видимия ъглов радиус на Юпитер. Тогава:

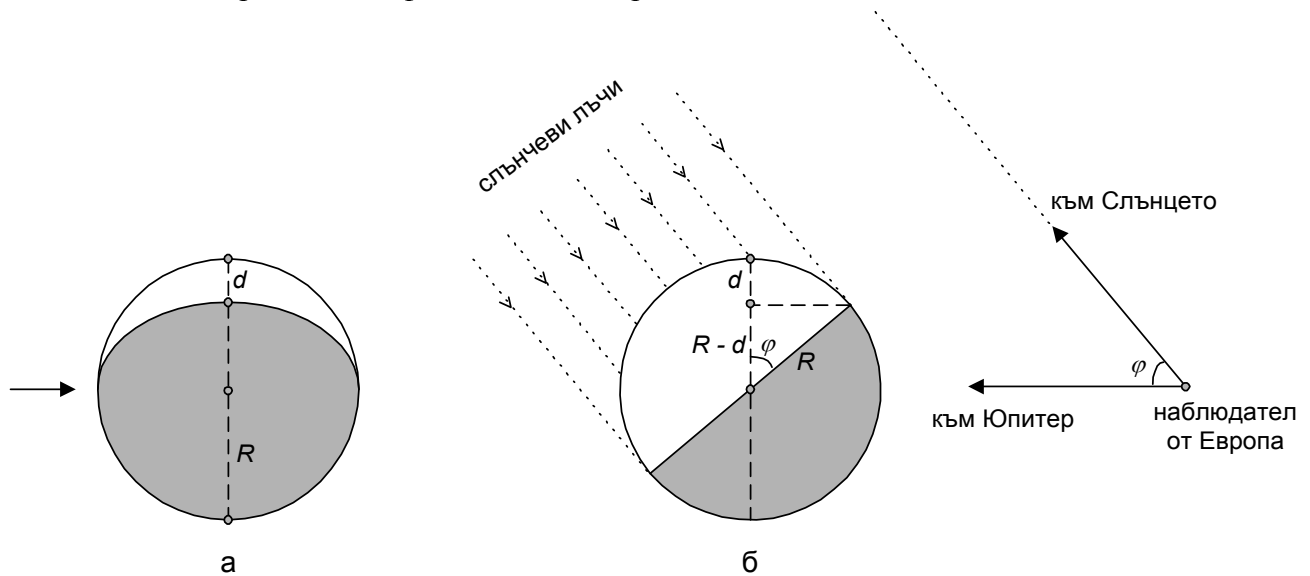
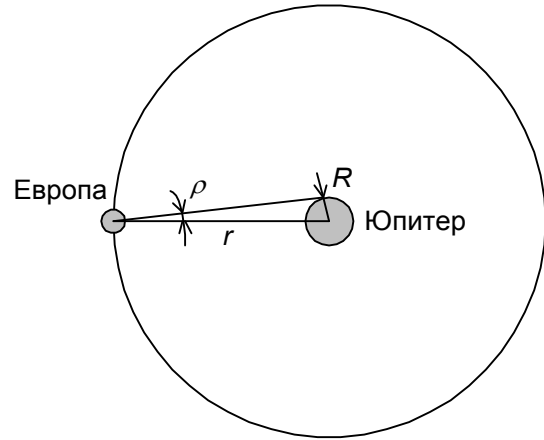
$$\sin \rho = \frac{R}{r}$$

Оттук за видимия ъглов диаметър на Юпитер получаваме:

$$\delta = 2\rho \approx 12.2^\circ$$

За да е правилна рисунката, трябва да има правилно съотношение между фазата на Юпитер и видимото ъглово отстояние на Юпитер от Слънцето. Трябва да определим ъгловото разстояние  $\varphi$  между центровете на видимия диск на Юпитер и на Слънцето. Измерваме върху рисунката в милиметри разстоянието между центъра на Слънцето и границата на видимия диск на Юпитер. Използваме получения ъглов диаметър на Юпитер за мащаб и получаваме, че това разстояние съответства на  $9.2^\circ$ . Прибавяме видимия ъглов радиус на Юпитер и получаваме  $\varphi = 15.3^\circ$ .

Сега нека разгледаме фазата на Юпитер.



Фиг. 2. Юпитер във фаза.

На Фиг. 2а е представен Юпитер така, както изглежда на рисунката за наблюдател от Европа. А на Фиг. 2б е показано как би изглеждал Юпитер при поглед откъм единия му полюс, означен със стрелка на Фиг. 2а. Означаваме с  $d$  ширината на видимия от Европа светъл сърп на Юпитер. Ъгълът  $\varphi$  на Фиг. 2б е равен на ъгловото отстояние между центровете на Юпитер и

Слънцето, понеже това са ъгли с взаимно перпендикулярни рамене. Можем да определим този ъгъл. Както се вижда от Фиг. 2б:

$$\cos \varphi = \frac{R - d}{R}$$

Измерваме върху рисунката  $R$  и  $d$  в милиметри и от горната формула пресмятаме:

$$\varphi \approx 47.4^\circ$$

Това не съответства на определеното по-горе чрез измерване ъглово разстояние  $\varphi = 15.3^\circ$  между центровете на видимия диск на Юпитер и на Слънцето. Следователно картината не е правилно нарисувана. Слънцето трябва да е приблизително на три пъти по-голямо разстояние от Юпитер при тази фаза на планетата.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

*За правилна логическа идея на решението – 3 т.*

*За определяне на видимия ъглов диаметър на Юпитер – 2 т.*

*За определяне на ъгловия мащаб на картината – 1 т.*

*За определяне на ъгловото разстояние между Юпитер и Слънцето – 1 т.*

*За теоретичен начин за определянето на фазовия ъгъл на Юпитер – 3 т.*

*За правилна числена оценка – 1 т.*

*За сравняване на стойностите и краен извод – 1 т.*

**4 задача. Сближения със Земята.** Освен големите планети и планетите джужета, в Слънчевата система има и многобройни астероиди и комети, които обобщено се наричат “малки тела”. Едно такова “малко тяло” е наблюдавано упорито от група астрономи в продължение на повече от десет години. Те установяват, че то се доближава до Земята на всеки три години. Пресметнете какъв период на обикаляне около Слънцето би могло да има това тяло.

**Решение:**

За да се сближава със Земята веднъж на всеки 3 години тялото трябва да има синодичен период 3 години. През такъв период ще се повтаря противоположенето на тялото, при което то ще е най-близо до Земята. Ако тялото се движи по орбита, която е вътрешна за земната орбита, то можем да напишем:

$$\frac{1}{T_{syn}} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}$$

където  $T_{syn} = 3$  год. е синодичният период на тялото,  $T$  е сидеричният му период, който търсим, а  $T_0 = 1$  год. е орбиталният период на Земята. Оттук получаваме:

$$T = \frac{T_{syn} T_0}{T_{syn} + T_0} = 0.75 \text{ год.}$$

Ако орбитата на тялото е външна за земната орбита, то:

$$\frac{1}{T_{syn}} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{T_{syn} T_0}{T_{syn} - T_0} = 1.5 \text{ год.}$$

Освен тези две решения, има и още една възможност. За разлика от планетите, които имат почти кръгови орбити, малките тела често се движат по твърде издължени орбити. Тялото може да се движи с орбитален период 3 години около Слънцето, но по орбита с голям ексцентрицитет. Тогава, ако говорим за сближение на тялото със Земята, както е казано в задачата, то това сближение би се случвало веднъж на три години, макар и в общия случай при конфигурация различна от противостоеното.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За определяне на орбиталния период на тялото в случая на вътрешна орбита – 4 т.*

*За определяне на периода в случая на външна орбита – 4 т.*

*За разглеждане на случая със силно ексцентрична орбита – 2 т.*

**5 задача. Два кораба.** Два космически кораба се изстрелват едновременно от едно и също място на земния екватор и тръгват по кръгови екваториални орбити с височина 500 км в две противоположни посоки.

- **а.** Пресметнете орбиталния период на спътниците.
  - **б.** Първият кораб каца на Земята, след като е направил 26 обиколки около нея, а вторият – след като е направил 27 обиколки. Определете на какво разстояние от мястото на изстрелване каца първият кораб.
  - **в.** Определете разстоянието между местата на кацане на двата кораба.
- Приемаме, че орбитите на корабите се различават съвсем незначително, колкото двата кораба, движещи се в противоположни посоки, да не се сблъскват при срещите си.

**Решение:**

Първо определяме орбиталния период  $T$ , който е еднакъв за двата кораба. Използваме III закон на Кеплер:

$$\frac{(R+h)^3}{T^2} = \frac{\gamma M}{4\pi^2}$$

където  $R$  е радиусът на Земята,  $M$  е нейната маса,  $h$  е височината на орбитите на корабите,  $\gamma$  е гравитационната константа. Оттук получаваме:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{\gamma M}} \approx 5663 \text{ sec} \approx 94.38 \text{ min}$$

Да пресметнем интервала от време, през който първият кораб лети около Земята:

$$t_1 = 26 \times 94.38^{\text{min}} = 2454^{\text{min}} = 40.9^{\text{h}}$$

Орбиталното движение на кораба е независимо от околоосното въртене на Земята, което става с период  $T = 23^{\text{h}} 56^{\text{min}} = 1436^{\text{min}}$ . Следователно за определяне на мястото на кацане на кораба посоката на неговото движение по екваториалната му орбита няма значение. Единствено значение има продължителността на полета му.. Можем да определим ъгъла, на който се е завъртяла Земята за времето на полета на кораба:

$$\alpha = 360^\circ \times \frac{t_1}{T}$$

$$\alpha \approx 615.21^\circ = 360^\circ + 255.21^\circ$$

За времето на полета на кораба Земята е направила едно пълно завъртане около оста си плюс още завъртане на ъгъл  $255.21^\circ$ . Земята се върти от запад на изток, което значи, че корабът е кацнал в точка, отстояща на  $255.21^\circ$  западно от точката на излитане. Всъщност по-удобно е да

считаме, че точката на кацане е на  $360^\circ - 255.21^\circ = 104.79^\circ$  източно от точката на излитане. Това съответства на разстояние:

$$x = 2\pi R \times \frac{104.79^\circ}{360^\circ} \approx 11665 \text{ км}$$

където  $R$  е земният радиус.

Вторият кораб е направил една обиколка повече и значи е летял с 94.38 минути по-дълго от първия. За това време Земята се е завъртяла още на ъгъл:

$$\Delta\alpha = 360^\circ \times \frac{94.38^{\text{min}}}{T} \approx 23.66^\circ$$

Това отговаря на разстояние:

$$\Delta x = 2\pi R \times \frac{23.66^\circ}{360^\circ} \approx 2634 \text{ км}$$

Вторият кораб е кацнал на разстояние 2634 км западно от точката на кацане на първия кораб.

Критерии за оценяване (общо 14 т.):

*За определяне на орбиталния период на корабите – 2 т.*

*За разбиране на факта, че орбиталното движение на корабите не зависи от въртенето на Земята и разстоянията между стартовата точка и точката на приземяване зависи само от времето на полета - 2 т.*

*За правилна математическа постановка на решението за точката на кацане на първия кораб – 5 т.*

*За верен числен отговор – 1 т.*

*За правилен начин за определяне на разстоянието между точките на кацане на двата кораба – 3 т.*

*За верен числен отговор – 1 т.*

### **Справочни данни:**

Синодичен период на Луната	29.5 денонощия
Радиус на геостационарната орбита	42 164 км
Радиус на Земята	6378 км
Маса на Земята	$6 \times 10^{24}$ кг
Гравитационна константа	$6.67 \times 10^{-11}$ м <sup>3</sup> /кг.сек <sup>2</sup>
Радиус на орбитата на Европа	671 000 км
Диаметър на Юпитер	143 000 км