

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXVI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

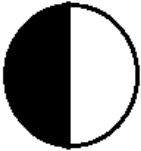
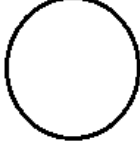
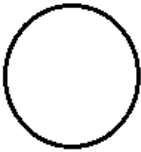
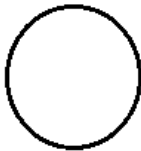
Областен кръг на олимпиадата по астрономия

17 февруари 2023 г.

Възрастова група VII-VIII клас – решения

1 задача. Фази на Луната. Трима ученици са нарисували как изглеждат и в какъв ред последователно се сменят основните лунни фази – Мими от Ямбол, която ходи на кръжок по астрономия в ямболската обсерватория, Лили от Австралия, чиито баща е астроном и често я занимава с наблюдения на небесните светили и Пенчо от София, който никак не обича астрономията и не иска да я изучава.

- **А)** Определете коя поредица от кого е нарисувана.
- **Б)** Напишете названията на лунните фази (за поредиците, нарисувани от Мими и Лили) и дайте необходимите обяснения.

A	 1	 2	 3	 4
B	 1	 2	 3	 4
C	 1	 2	 3	 4

Решение: Поредица А е нарисувана от Пенчо, който след новолуние е нарисувал първа четвърт, което е правилно, но после следва последна четвърт и накрая пълнолуние. От последните две фази (3, 4) нито една не може да се наблюдава след предходната, както и естествено, след пълнолунието няма как отново да следва новолуние.

Поредица В е нарисувана от Мими от Ямбол. Така се виждат фазите на Луната, когато ги наблюдаваме от северното полукълбо на Земята и сме обърнати с лице на юг. От умерените ширини на северното полукълбо Луната обикновено се вижда в южната половина на небосвода. След новолуние следва фаза първа четвърт. От северното полукълбо осветената част на Луната е в дясната половина на лунния диск. Това е така, защото ако наблюдаваме Луната веднага след залеза на Слънцето, то Луната се вижда на юг, а Слънцето е на запад, под хоризонта. А когато гледаме на юг, запад е надясно от нас. След това следва пълнолуние. Тогава видимата страна на Луната е осветена изцяло. След пълнолуние е фаза последна четвърт. От северното полукълбо осветената част на Луната е в лявата половина на Лунния диск. Това е така, защото ако наблюдаваме Луната във фаза

последна четвърт преди изгрева на Слънцето, то Луната се вижда на юг, Слънцето е на изток, на хоризонта, а посока изток е наляво от посоката юг (за наблюдател в северното полукълбо).

Поредица С е нарисувана от Лили от Австралия. Фазите са представени правилно. Така се виждат фазите на Луната, когато ги наблюдаваме от южното полукълбо на Земята и сме обърнати с лице на север. Гледаме на север, защото от умерените ширини на южното полукълбо Луната обикновено се вижда в северната половина на небето. След новолуние следва фаза първа четвърт. От южното полукълбо осветената част на Луната се вижда в лявата половина на лунния диск. Това е така защото посока запад се вижда вляво от посоката север. След това е фаза пълнолуние. Тогава видимата страна на Луната е осветена изцяло. След пълнолуние е фаза последна четвърт. От южното полукълбо осветената част на Луната е в дясната половина на Лунния диск. Това е така, защото когато гледаме на север, посока изток, където под хоризонта се намира Слънцето, е надясно от нас.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За определяне коя от поредиците от кого е нарисувана – 3 т.

За обяснение защо поредицата нарисувана от Пенчо е невярна – 3 т.

За посочване на названията на фазите, нарисувани от Мими и обяснение – 3 т.

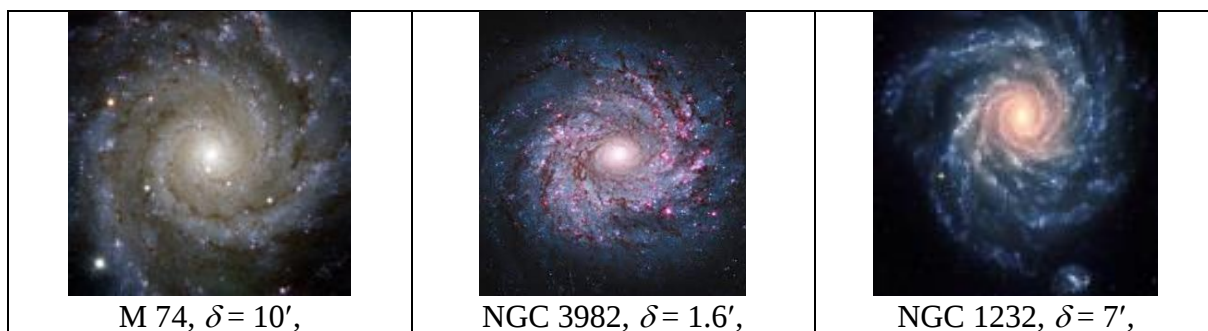
За посочване на названията на фазите, нарисувани от Лили и обяснение – 3 т.

2 задача. Галактики. Обитатели на шест галактики се свързват с вас чрез фантастичен хиперпространствен интернет. Вие вече сте приятели във Facebook и скоро сте въввлечени в техния спор. Всеки твърди, че неговата родна галактика е най-голяма по диаметър. Разполагате със снимки на галактиките, направени от земни астрономи. За всяка от тях са дадени видимият от Земята ъглов размер δ в дъгови минути и разстоянието r в светлинни години (ly).

- **А)** Разрешете спора на вашите извънземни приятели – направете списък на шестте галактики, като ги подредите по реда на намаляване на техните действителни линейни диаметри. Обосновайте вашия отговор.

- **Б)** Вашите приятели от галактиките NGC 6946 и NGC 2841 живеят на планети, обикалящи около звезди, които се намират на външната граница на всяка от галактиките. Звездата от NGC 6946 се движи около центъра на тази галактика със скорост 160 km/s. Звездата от NGC 2841 се движи около центъра на своята галактика със скорост 290 km/s. За коя от двете звезди пълната обиколка около галактичния център (галактичната година) продължава по-дълго време?

- **В)** Пресметнете периодите на обикаляне на двете звезди около центровете на галактиките в години.



$r = 30 \times 10^6 \text{ ly}$	$r = 67.8 \times 10^6 \text{ ly}$	$r = 61 \times 10^6 \text{ ly}$
		
NGC 6814, $\delta = 2.9'$, $r = 70.6 \times 10^6 \text{ ly}$	NGC 6946, $\delta = 16'$, $r = 25.2 \times 10^6 \text{ ly}$	NGC 2841, $\delta = 8.1'$, $r = 46 \times 10^6 \text{ ly}$

Решение: Линейният размер на галактиките може да се намери от ъгловия размер и разстоянието до тях, като се използва връзката между трите величини:

$$\delta_{rad} = \frac{D}{r}$$

Тук δ_{rad} е ъгловият размер в радиани, D е линейният размер, а r е разстоянието до галактиката. Линейният размер и разстоянието трябва да са в едни и същи единици, а ъгловият размер се получава в радиани. Оттук следва:

$$D = \delta_{rad} \cdot r$$

Ще получим линейния размер на галактиките в светлинни години, ако превърнем ъгловия размер от дъгови минути в радиани. Това става, като разделим ъгловия размер в минути на броя на дъговите минути в един радиан:

$$\delta_{rad} = \frac{\delta'}{180 \cdot 60' / \pi} \approx \frac{\delta'}{3438'}$$

Тук δ' е ъгловият размер в дъгови минути, а $3438'$ е броят на минутите в един радиан. Числената стойност е закръглена до една минута. Следователно за линейния размер на галактиката в светлинни години може да получим следната формула:

$$D = \delta_{rad} \cdot r \approx \frac{\delta' \cdot r}{3438'}$$

където r е разстоянието до галактиката в светлинни години.

Пресмятаме линейния размер на всяка галактика в светлинни години и подреждаме галактиките в низходящ ред по големина:

	Галактика	Линеен размер, ly
1	NGC 1232	124200
2	NGC 6946	117280
3	NGC 2841	108380
4	M 74	87300
5	NGC 6814	59560
6	NGC 3982	31550

Виждаме, че дори да закръглим линейните размери до хиляди светлинни години, подреждането няма да се промени.

Времето, за което една звезда обикаля около центъра на една галактика, ще е равно на дължината на обиколката на галактиката, разделена на скоростта на звездата:

$$t = \frac{\pi \cdot D}{V}$$

Нека пресметнем отношението на времената за двете избрани галактики. Галактиките са на второ и трето място в подредения списък по големина:

$$\frac{t_2}{t_3} = \frac{\pi \cdot D_2}{\pi \cdot D_3} \cdot \frac{V_3}{V_2} = \frac{D_2}{D_3} \cdot \frac{V_3}{V_2} = 1.96 \approx 2$$

Виждаме, че времето за обикаляне на звездата от втората по размери галактика, NGC 6946, е почти два пъти по-дълго от времето за обикаляне на третата галактика, NGC 2841. Това е така, защото двете галактики са почти еднакви по размер, а скоростта на звездата от втората галактика е почти два пъти по-малка от скоростта на звездата от третата галактика.

Обиколката на една галактика е:

$$l = \pi \cdot D$$

Когато диаметърът на галактиката е в светлинни години и обиколката ще получим в светлинни години. Светлинната година е разстояние, което светлината изминава за една година. Ако звездата се движеше със скоростта на светлината, то тя щеше да направи една обиколка за толкова години, колкото е обиколката на галактиката в светлинни години. Но звездите се движат с по-малка скорост. Времето на обикаляне е толкова пъти по-дълго, колкото скоростта на звездите е по-малка от скоростта на светлината. Следователно ако умножим обиколката на галактиката по отношението на скоростта на светлината към скоростта на звездата, ще получим времето, за което звездата прави една пълна обиколка:

$$t = \pi \cdot D \cdot \frac{c}{V}$$

Тук D е диаметърът на галактиката в светлинни години, c е скоростта на светлината в km/s и V е скоростта на звездата в km/s.

Пресмятаме за двете галактики и получаваме:

$$t_2 = 691 \times 10^6 \text{ години}$$

$$t_3 = 352 \times 10^6 \text{ години}$$

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За подреждане на шестте галактики по големина и обосновка – 6 т.

Забележка: За да се счита за правилно решението на това подусловие, не е необходимо непременно да се пресметнат линейните размери на всички галактики в светлинни години, както е дадено тук. Могат да се използват и само отношения на техните ъглови размери и разстоянията до тях и да се направи преценка чрез подходящи разсъждения и сравнения.

За определяне коя от звездите в двете галактики прави една обиколка за по-дълго време и обосновка – 2 т.

За намиране на времената за пълната обиколка в двете галактики – $2 \times 2 \text{ т.} = 4 \text{ т.}$

3 задача. Лунен наблюдател. Пред вас е любопитен бял мечок, който наблюдава пълната Луна.

• А) Да приемем, че мечокът се намира точно на северния полюс на Земята. Може ли той да види това, което е показано на картинката, през януари? А през май?



• **Б)** А сега да предположим, че мечокът се намира в полярните райони на Канада, които се простират на север зад полярната окръжност. Датата е 22 декември, а времето е около обяд. Може ли при тези обстоятелства мечокът да види Луната, както е показано на картинката? Ако може, то в каква посока трябва да гледа?

Обяснете вашите отговори. Припомняме, че ъгловият диаметър на Луната е около 0.5° . Наклонът на лунната орбита към равнината на еклиптиката е приблизително 5.15° .

Решение:

Като се има предвид, че ъгловият диаметър на Луната е 0.5° , измерването по картинката показва, че центърът на видимия лунен диск е на около 1.6° над хоризонта. Луната е в пълнолуние. В случай че нейният център лежи на еклиптиката, тя би била в точка от небесната сфера, която е диаметрално противоположна на Слънцето. Тогава центърът на Слънцето трябва да е на около 1.6° под хоризонта. Лунната орбита е наклонена на 5.15° към еклиптиката. Да предположим, че Луната е в точката от своята орбита, която е най-силно отклонена от равнината на еклиптиката в посока юг (Луната е най-дълбоко „под“ еклиптиката за наблюдател от северното полукукло). Тогава най-високата точка от еклиптиката ще бъде на височина $5.15^\circ + 1.6^\circ = 6.75^\circ$ над хоризонта. Следователно Слънцето трябва да се намира на около 6.75° под хоризонта. Но мечокът се намира точно на северния полюс. Там хоризонтът съвпада с небесния екватор. В деня на зимното слънцестояние около 22 декември там Слънцето е на максимална дълбочина $23^\circ 26'$ под хоризонта и се издига до небесния екватор в деня на пролетното равноденствие около 21 март, когато се случва и единственият му изгрев през годината. При това, около зимното слънцестояние деклинацията на Слънцето се изменя с най-бавни темпове. Следователно през януари Слънцето със сигурност ще бъде на доста повече от 6.75° под хоризонта, а пълната Луна съответно, ще се наблюдава доста по-високо над полярния хоризонт. Що се отнася до въпроса дали може да се види Луната по този начин през май, то отговорът е очевидно отрицателен. През май Слънцето е вече достатъчно високо над хоризонта, отдавна е настъпил полярният ден и не могат да се виждат звезди в небето. А ако Луната е в пълнолуние, тя със сигурност трябва да е под хоризонта.

Ако мечокът е в полярните райони на Канада, на северната полярна окръжност, в деня на зимното слънцестояние 22 декември по пладне центърът на видимия слънчев диск ще бъде точно на хоризонта и звезди няма да могат да се виждат. Но ако мечокът е на място, което е поне с около 6° по-северна географска ширина, то по пладне вече няма да е светло. По пладне Слънцето въобще няма да се появява на хоризонта, то ще се издига до дълбочина не по-малко от 6° под хоризонта, а тогава няма да настъпва здрач, Гражданският полумрак е във времето, когато Слънцето е най-много на 6° под хоризонта. Ако пълната Луна се намира на еклиптиката, то тя ще бъде на 6° над хоризонта и ще се вижда на север. Поради наклона на лунната орбита към еклиптиката обаче, е възможно Луната да бъде по-ниско от

еклиптика и наистина да се вижда на 1.6° над хоризонта. Следователно тази ситуация е възможна и Луната ще се вижда в посока север.

При всички наши разсъждения не отчитаме влиянието на рефракцията. Отчитането на рефракцията обаче няма да промени изводите, до които достигнахме.

Освен това не отчитаме и влиянието на паралактичния ефект, т.е. на това, че Луната е сравнително близо до Земята. Наблюдателят в полярните области се намира на около един земен радиус над линията, която свързва центъра на Земята с центъра на Луната. Това понижава видимото положение на Луната с около 1 градус. Отчитането на този ефект, обаче, не променя изводите в решението на задачата.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За съображения, свързани с височината на Луната над хоризонта и възможната дълбочина на Слънцето под хоризонта при пълнолуние на северния полюс – 3 т.

За верен извод относно показаната на картината ситуация през януари – 1.5 т.

За верен извод относно изобразената на картината ситуация през май – 1.5 т.

За разсъждения, свързани с мястото, откъдето може да се види Луната в пълнолуние на 22 декември, както е показано на картинката – 4 т.

За верен отговор за посоката, в която би се виждала Луната – 2 т.

4 задача. В небето на Европа. Един от четирите Галилееви спътници на Юпитер е Европа. Тя е приливно заключена, което означава, че при орбиталното си движение около Юпитер винаги остава обърната към него с една и съща своя страна (както е в случая с Луната и Земята). След като сте спечелили сложен научен конкурс, вие сте започнали работа в космическа станция, разположена в центъра на обърнатата към Юпитер страна на Европа. Следващата ви мечта е да изучавате Сатурн и затова често поглеждате към него в небето на Европа.

• **А)** Колко пъти видимият ъглов диаметър на Юпитер в небето на Европа е по-голям от видимия ъглов диаметър на Луната в земното небе?

• **Б)** В даден момент за вас Сатурн е в западна квадратура. Слънцето, Юпитер и Сатурн образуват правоъгълен триъгълник с прав ъгъл при Юпитер, а от ваша гледна точка Сатурн е отклонен на запад от Слънцето. Нарисувайте подходяща схема и отговорете ще можете ли от вашата станция на Европа да видите Сатурн в следните четири случая:

- при изгрева на Слънцето;
- около пладне;
- при залеза на Слънцето;
- около полунощ.

Приемете, че орбитата на Европа около Юпитер лежи в равнината на орбитата на Юпитер около Слънцето.

Справочни данни:

Видим ъглов диаметър на Луната при наблюдение от Земята – 0.5°

Радиус на орбитата на Европа около Юпитер – 670 900 km

Диаметър на Юпитер – 139 820 km

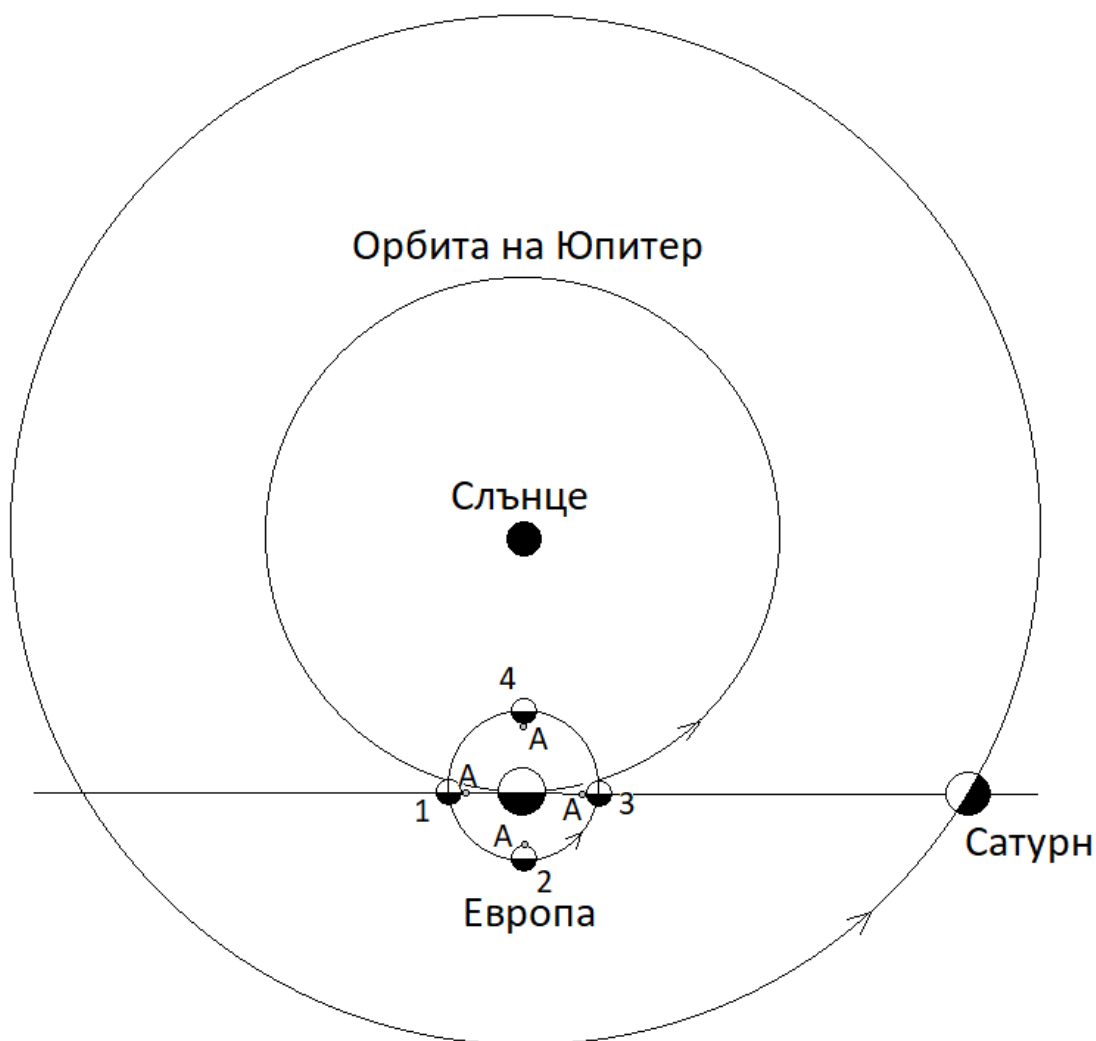
Решение:

Нека означим с D линейния диаметър на Юпитер и с r радиуса на орбитата на Европа около Юпитер. Видимият ъглов диаметър на Юпитер за наблюдател от спътника Европа ще бъде:

$$\delta = \frac{D}{r} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 11.9^\circ$$

Ъгловият диаметър на Юпитер ще бъде $11.9^\circ/0.5^\circ \approx 24$ пъти по-голям от видимия ъглов диаметър на Луната за земния наблюдател.

Начертаваме схема с орбитите на Юпитер и Сатурн около Слънцето и орбитата на Европа около Юпитер. Спрямо положението на Юпитер отбелязваме положението на Сатурн в западна квадратура. С точка А върху повърхността на Европа сме означили нашата станция, намираща се в центъра на обрънатата към Юпитер страна на този спътник.



При изгрева на Слънцето за точка А Европа се намира в положение 1 на схемата. Нощта тъкмо е приключила и нашата станция е на терминатора на Европа. В този случай за съжаление няма да виждаме Сатурн, понеже той ще бъде закрит от огромния и близък до нас Юпитер.

По пладне (в средата на деня) за точка А спътникът Европа ще бъде в положение 2. Тогава за нашата станция Сатурн ще бъде ниско на хоризонта на запад. Няма да има проблем да го виждаме, въпреки че е ден. Европа няма почти никаква атмосфера, която да

разсейва слънчевата светлина. Дневното небе там ще бъде тъмно и ще се виждат звездите. Още повече, че около пладне Европа ще бъде в сянката на Юпитер и Слънцето няма да огрява спътника – от Европа ще се наблюдава слънчево затъмнение. Иронията е, че точно тогава, по пладне и малко преди този момент, ще бъде най-удобното време за наблюдение на Сатурн.

Слънцето за нас ще залязва, когато Европа е в положение 3. Тогава обаче няма да виждаме Сатурн, понеже той ще бъде под хоризонта за мястото на нашата станция. По-точно, ще се намира в надир, в посока противоположна на зенита.

Когато Европа е в положение 4, за нас ще настъпи полунощ (средата на нощта). Сатурн ще се вижда ниско над хоризонта на изток. А в зенита ще е напълно осветеният от Слънцето диск на Юпитер, който няма много да пречи, но все пак в някаква степен ще затруднява наблюденията на Сатурн.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилен начин на изчисляване на видимия ъглов диаметър на Юпитер – 2 т.

За верен числен отговор – 1 т.

За сравнение с ъгловия диаметър на Луната – 1 т.

За начертаване на схемата и отбелязване на положенията на Европа в четирите момента (изгрев, пладне, залез, полунощ) – $4 \times 1 \text{ т.} = 4 \text{ т.}$

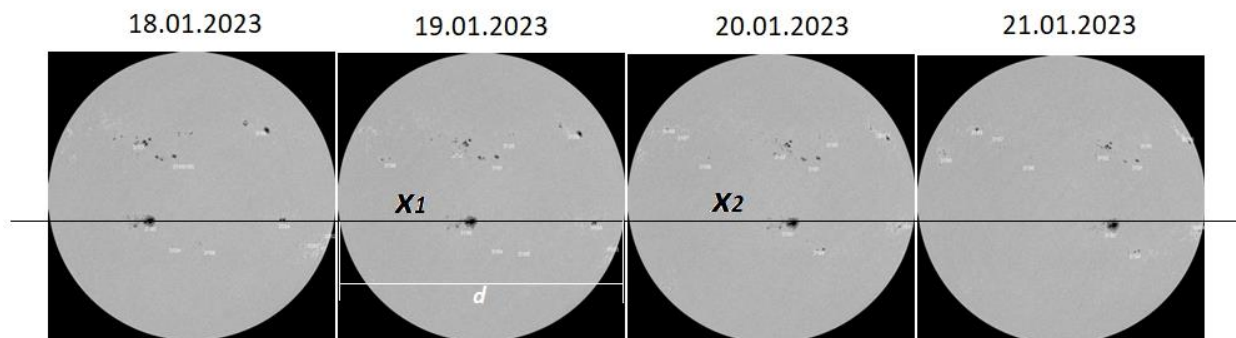
За обяснение относно видимостта на Сатурн – $4 \times 1 \text{ т.} = 4 \text{ т.}$

5 задача. Въртене на Слънцето. Космическата станция SDO (Solar Dynamic Observatory) се намира в орбита около Земята и има за цел да изследва Слънцето и слънчевата активност. Дадени са ви четири снимки на Слънцето, направени по едно и също време на деня в четири последователни дати. Както е известно, зоните от Слънцето с различна хелиографска ширина имат различни периоди на околоосно въртене. Използвайте групата, към която принадлежи най-голямото петно. Направете необходимите измервания и определете периода на околоосно въртене на Слънцето в зоната, където се намира тази група петна.

Могат да се намерят различни начини за решаване на тази задача. Не е наложително непременно да се използват всичките изображения, могат да се изберат само някои от тях. Опишете накратко вашия метод на работа.

Решение:

Прекарваме една права линия през четирите положения на най-голямото петно върху четирите снимки. Тя определя ориентацията на паралела, върху който се намира петното. Приемаме, че оста на въртене на Слънцето е разположена вертикално на всяко от изображенията.



Ще определим периода на въртене на Слънцето, като използваме двете средни изображения – от 19 и 20 януари. Измерваме отсечката d , която представлява диаметъра на паралела с петното:

$$d = 60 \text{ mm}$$

Измерваме отсечките x_1 и x_2 :

$$x_1 = 28 \text{ mm}$$

$$x_2 = 35 \text{ mm}$$

Тъй като снимките са правени ежедневно в едно и също време на деня, то можем да определим с колко се е изместило петното за едно денонощие:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 7 \text{ mm}$$

Избрахме двете средни снимки, понеже на тях и двете положения на петното са близки до централния меридиан на Слънцето. Затова ние можем да смятаме, че отсечката Δx се равнява приблизително на дъгата от паралела, която е описало петното при околоосното въртене на Слънцето.

Да си представим, че разглеждаме модел на Слънцето, който е умален до размерите на изображението върху снимките. Паралелът, върху който лежи петното, представлява в този модел окръжност с диаметър d . Пълната обиколка на тази окръжност ще бъде:

$$l = \pi d \approx 188.5 \text{ mm}$$

За едно денонощие петното описва дъга Δx от тази окръжност. Следователно то ще опише пълната окръжност за време:

$$P = \frac{\pi d}{\Delta x} \approx 26.9 \text{ денонощия}$$

Това, обаче, не е истинският период на околоосното въртене на Слънцето. Нека не забравяме, че снимките са направени от околоземна космическа станция, а Земята обикаля около Слънцето с период $T = 365.25$ денонощия. Посоката на орбитално движение на нашата планета съвпада с посоката на околоосно въртене на Слънцето. Ето защо, истинския период на въртене на Слънцето P_0 можем да получим от съотношението:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_0} - \frac{1}{T}$$

$$P_0 = \frac{PT}{P + T} \approx 25 \text{ денонощия}$$

Както е известно, Слънцето не се върти като твърдо тяло. Зоните с различна хелиографска ширина имат различен период на въртене, който варира от около 24 денонощия близо до екватора до около 35 денонощия към полюсите на Слънцето. Слънчевото петно, за което правихме нашите изчисления, е сравнително близо до екватора и ние наистина получихме малък период на въртене на тази зона от Слънцето.

Възможно и графично решение. Начертава се окръжността на паралела и се построяват лъчите от центъра на паралела до пресичането им с повърхността на Слънцето в точките, където са петната. След това с транспортир се измерват ъглите между лъчите и по начин, подобен на описаният по-горе, се пресмята периодът на завъртане на Слънцето за този паралел. В този случай е най-добре да се работи с първото и последното изображение, защото ъгълът на завъртане ще е най-голям.

Критерии за оценяване `общо 12 т):

За правилен избор на снимките – 2 т.

За правилен метод на определяне на периода – 3 т.

За измервания и изчисления – 4 т.

За отчитане на орбиталното движение на Земята – 3 т.

Забележка: При съвсем малки разлики в измерените отсечки (от порядъка на 0.5 mm) се получават значителни разлики в изчислените стойности на периода (1-2 дни). Участниците в олимпиадата могат да получат доста различни числени стойности за периода. Затова следва да се оценява най-вече методът на работа.

