

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
КОМИСИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XIX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
<http://astro-olymp.org>

IV кръг, 13 юли 2016 г., х. Бузлуджа, практически тур

Младша възраст

1 задача. All sky камера. Пред вас е фотография – негативно изображение, направена с помощта на all-sky камера, която обхваща цялото небе над дадено наблюдателно място. Изображението е заснето в нощта на максимална активност на един метеорен поток.

- Като използвате дадената ви звездна карта, определете приблизително географската ширина на мястото.
- Означете на снимката четирите посоки на света.
- Разполагате също и с таблица, представяща датите на максимална активност на няколко метеорни потока. Определете кой метеорен поток е бил фотографиран.
- Приблизително в колко часа по местно слънчево време е направена снимката?

Обосновете вашите отговори.

Метеорен поток	η-Аквариди	Персеиди	Касиопеиди	Ориониди	Геминиди
Максимална активност	6 май	12 август	28 юли	21 октомври	14 декември

Решение:

На снимката лесно се разпознават съзвездията Голяма и Малка мечка, а оттам и положението на Полярната звезда. Отбелязваме го с Р. Географската ширина на мястото на наблюдение е равна на височината над хоризонта на северния небесен полюс. В нашия случай по принцип бихме могли да получим приблизително решение, като определим височината над хоризонта на Полярната звезда. Тя обаче, се намира в периферията на изображението, където има особено големи изкривявания вследствие на особената проекция при фотография с all-sky камера. Не бихме могли и да оценим височината на Полярната звезда, като използваме звездната карта и сравняваме с ъглови разстояния между близки до нея звезди, понеже такива удобни звезди на снимката не се намират. Ето защо, нека си спомним, че географската ширина на наблюдателя е равна също така на деклинацията на точката, която се намира в зенита за този наблюдател. Да определим местоположението на зенита. Ние приемаме, че границата на изображението представлява хоризонта и следователно зенитът е в центъра на това изображение. Прекарваме две перпендикулярни прави, приблизително разполовяващи кръговото изображение и пресечната им точка О ни дава положението на зенита. Виждаме, че тази точка се намира около границата между съзвездията Колар и Близнаци. Нанасяме си тази точка на звездната карта и като направим някои измервания и определяне на мащаби, получаваме приблизителните екваториални координати на точката О. Те са $\alpha \approx 6^h$ и $\delta \approx +27^\circ$. Следователно наблюдателят се е намирал на около 27° северна географска ширина.

За да означим посоките на света, прекарваме права линия през полярната звезда и точката О, т.е. зенита за наблюдателя. Тази права линия представлява проекция на меридиана на мястото върху изображението. Тя пресича хоризонта в точките север и юг (N и S). Права, минаваща през точка О и перпендикулярна на първата права, пресича хоризонта в точките изток и запад (E и W).

При разглеждане на метеорите върху изображението, сравнително лесно се вижда, че те принадлежат на метеорен поток с радиант в съзвездие Близнаци. За да намерим положението на радианта, трябва да продължим назад траекториите на метеорите. На фотография като тази обаче, това е много трудно, понеже метеорите се проектират не като прави линии, а като дъги, често с доста голяма кривина. Използваме няколко по-близки до предполагаемия радиант къси метеори, при които това изкривяване би трябвало да е по-малко, продължаваме траекториите им назад чрез прави линии и получаваме областта R, в която те се пресичат. Там трябва да е и радиантът на потока и така окончателно се убеждаваме, че той е в съзвездие Близнаци. Латинското название на това съзвездие е Gemini, следователно това е метеорният поток Геминиди.

От таблицата виждаме, че Геминидите проявяват максимална активност около 14 декември всяка година и навярно на тази дата е направена снимката. Както определихме вече, точката O, намираща се в зенита, е имала ректасцензия $\alpha \approx 6^h$. Следователно снимката е направена приблизително в 6^h по местно звездно време.

В датата на зимно слънцестояние, 22 декември, ректасцензията на Слънцето е равна на 18^h . На 14 декември, 8 дни по-рано, ректасцензията на Слънцето е:

$$\alpha_o = 18^h - \frac{8}{365.25} \cdot 24^h \approx 17^h 30^m$$

Така стигаме до извода, че когато ебила направена снимката, часовият ъгъл на Слънцето е бил:

$$t_o = \alpha - \alpha_o = 6^h - 17^h 30^m = -11^h 30^m$$

Това означава, че снимката е направена около $0^h 30^m$ по местно слънчево време.

Критерии за оценяване (общо 20 т.):

За правилен метод за определяне на географската ширина – 3 т.

За практическо изпълнение на метода – 3 т.

За правилен резултат – 1 т.

За правилен метод за определяне на посоките на света – 2 т.

За практическо изпълнение – 2 т.

За определяне кой е метеорният поток – 2 т.

За правилен метод за определяне на слънчевото време – 3 т.

За практическо изпълнение на метода – 3 т.

За правилен резултат – 1 т.

2 задача. Юпитер и Луната. Разполагате с негативно изображение на Луната и Юпитер, заснето от Земята. На кадъра също се виждат и Галилеевите спътници на Юпитер.

- Направете необходимите измервания и пресметнете разстоянието между Земята и Юпитер в момента на заснемане на изображението.

- Обяснете в какъв ред (отляво надясно) биха могли да бъдат подредени Галилеевите спътници на това изображение.

Приемете, че спътниците обикалят по кръгови орбити, лежащи в равнината на екватора на Юпитер. Орбиталните им радиуси са, както следва:

Йо – 400 000 km

Европа – 700 000 km

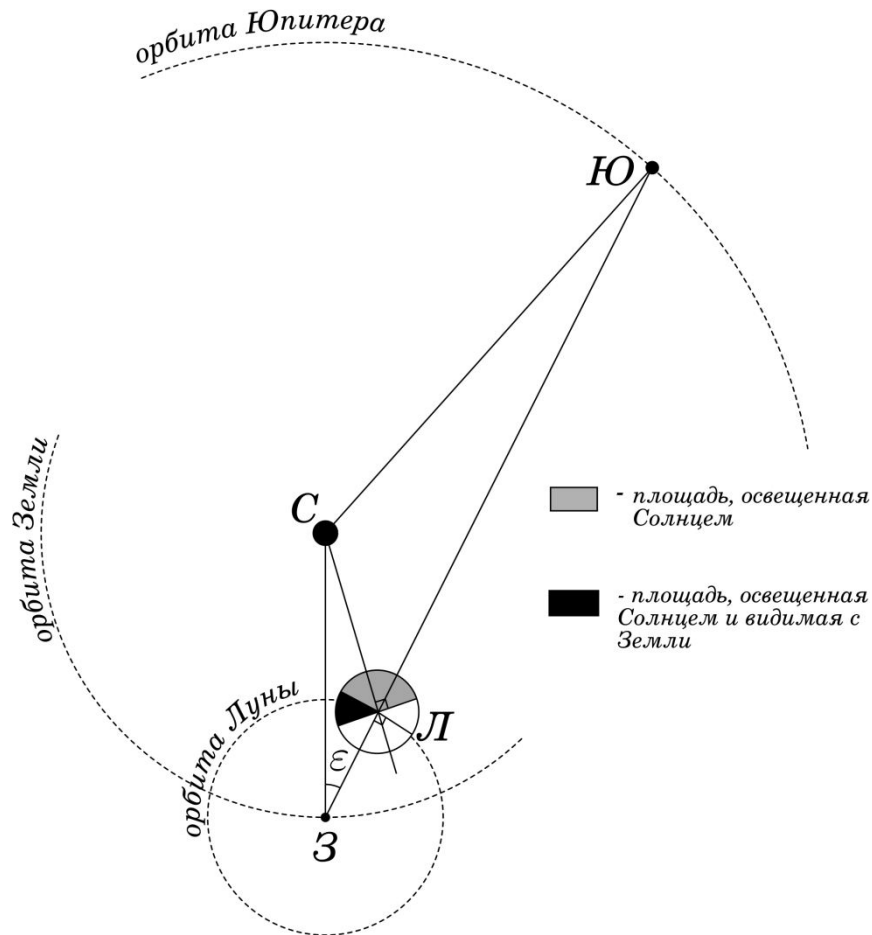
Ганимед – 1 000 000 km

Калисто – 1 900 000 km

Решение:

Нека начертаем разположението на планетата Юпитер, Луната и Слънцето в момента на осъществяване на снимката. От фотографията се вижда, че ъгловото разстояние от Юпитер до центъра на видимия диск на Луната е по-малко от диаметъра на видимия лунен диск ($0,5^\circ$). Ето защо, можем да приемем, че Луната и Юпитер се намират в една и съща посока за фотоапарата. **(1 точка)**

По такъв начин, разположението на телата съответства на схемата, показана на Фиг.1 (без да е спазен мащабът). **(2 точки)**



Фиг. 1

За да определим разстоянието от Юпитер до Земята в момента на фотографирането, трябва да определим елементите на триъгълника СЗЮ, в който страната $СЗ = 1 \text{ AU}$ е радиусът на земната орбита, $СЮ = 5.2 \text{ AU}$ – радиусът на орбитата на Юпитер, а $ЗЮ$ – търсеното разстояние. Страната $ЗЮ$ в триъгълника може да намерим, използвайки косинусовата теорема:

$$СЮ^2 = СЗ^2 + ЗЮ^2 - 2СЗ \cdot ЗЮ \cdot \cos \varepsilon,$$

ако ни е известен ъгълът ε . **(3 точки)**

За да намерим ъгъла ε , ще използваме промените на лунните фази, изобразени на фотографията. Разглеждаме триъгълника ЗЛС. В него страната $ЗС$ е примерно 400 пъти по-голяма от $ЗЛ$, така че можем да приемем ъгъла при върха $С$ за близък до 0 , а ъгъла при върха $Л$ за равен на $180^\circ - \varepsilon$. По такъв начин, ъгълът при върха на сектора, оцветен в черно на чертежа (а следователно и двустранният ъгъл „изрязващ“ част от площта на Луната, осветена от Слънцето и видима от Земята, е равен на ε (виж Фиг. 2). **(2 точки)**

При проектиране на изображението на Луната върху небесната сфера се получава „сърп“, както е изобразен на фиг. 2, чиято най-голяма ширина $О'F$ може да бъде определена като $ОО' - OF.OO' = OF' = R_{\text{Луна}}$, където $R_{\text{Луна}}$ е видимият радиус на Луната.

Или, можем да напишем следния израз за $О'F$:

$$O'F = OO' - OF = OO' - OF' \cdot \cos \varepsilon = R_{\text{Луна}} (1 - \cos \varepsilon) \quad (3 \text{ точки})$$

Измерванията, които можем да направим от фотографията, дават следните данни:

$$R_{\text{Луна}} \approx 5.5 \text{ см}, \quad O'F \approx 1.6 \text{ см}.$$

Следователно:

$$1 - \cos \varepsilon = O'F/R_{\text{Луна}} \approx 1.6/5.5 \approx 0.3 \quad \cos \varepsilon \approx 0.7 \quad \varepsilon \approx 45^\circ. \quad (2 \text{ точки})$$

Замествайки в косинусовата теорема известните ни вече величини, получаваме квадратното уравнение за разстоянието ЗЮ:

$$ЗЮ^2 - 1.4 \cdot ЗЮ - 24 = 0,$$

положителният корен на което е търсеното разстояние $ЗЮ \approx 5.7 \text{ а.е.}$ (1 точка)

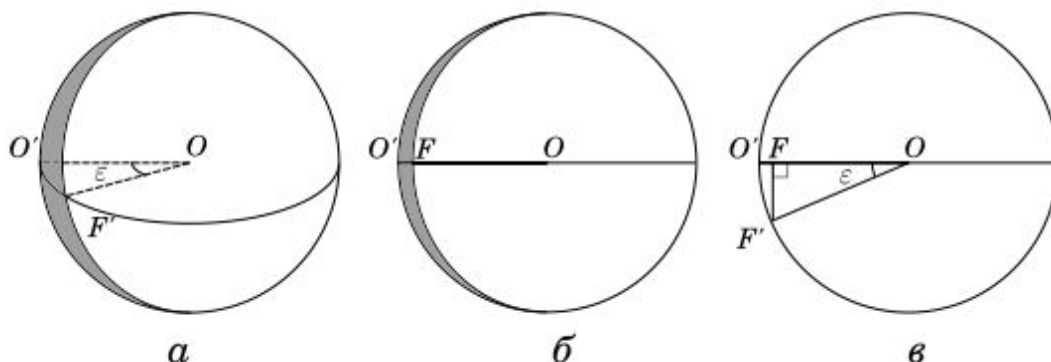


Рис. №2

Оценка на грешката. Нека да оценим грешката при определяне на разстоянието. Абсолютната грешка при измерванията върху полето на фотографията е около 2 мм. Тя е свързана с редица неопределености при измерване на видимият диск на Луната и неравностите на терминатора (линията, разделяща осветената от неосветената част на Луната). Това дава абсолютна грешка равна на 0.05 при определянето на $\cos \varepsilon$. Тя не оказва голямо влияние върху резултата, при изчисляването с точност до втората значеща цифра. По такъв начин, грешката при определянето на разстоянието се създава основно при грешки в пресмятанията и тя не е по-голяма от 0.1 а.е. (1 точка)

Нека сега да намерим възможното подреждане на галилеевите спътници и да пресметнем мащаба на изображението на Юпитер със спътниците. Диаметърът на видимия лунен диск на снимката е 11 см, следователно, диаметърът на видимия диск на Слънцето (намиращо се на разстояние 1 а. е. от Земята) на тази снимка също би бил 11 см. Ако ние отнесем разстоянието до Слънцето в този мащаб към истинското разстояние - (5.7 AU), то на тази снимка неговият диаметър би бил равен на $11/5.7 \approx 2 \text{ см}$. По такъв начин, за спътниковата система на Юпитер 1 см на снимката съответства на линейния радиус на Слънцето, равен на $7 \cdot 10^5 \text{ км}$. Измервайки по снимката разстоянията между Юпитер и спътниците му, получаваме:

1. Спътникът, разположен в левия край, се намира на разстояние от Юпитер, равен на диаметъра на Слънцето, т. е. $7 \cdot 10^5 \text{ км}$. Следователно, този спътник може да бъде само Калисто. (1 точка)

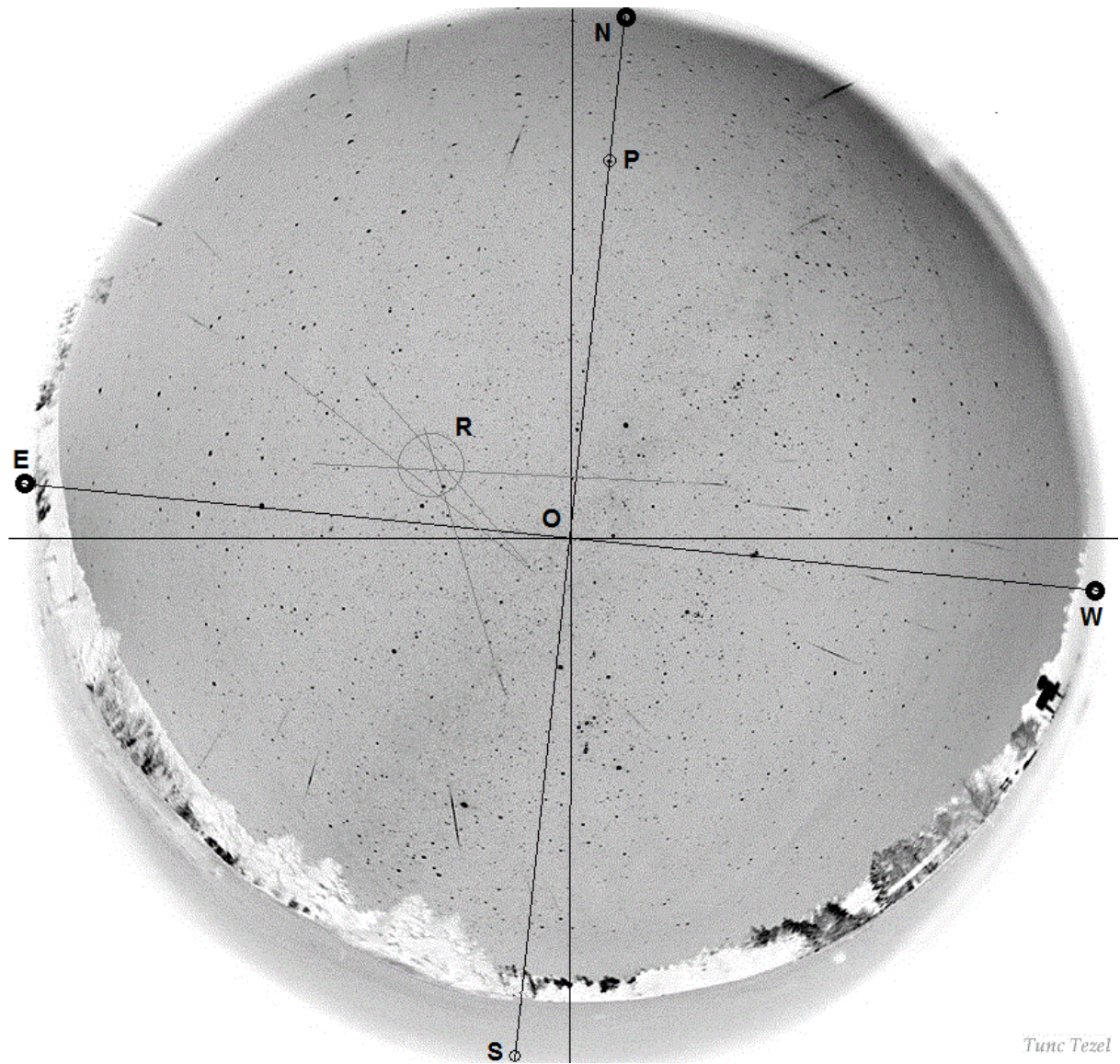
2. Вторият в ляво спътник е отдалечен от Юпитер малко повече, отколкото е слънчевият радиус. Следователно, той може да бъде или Ганимед, или Калисто, но последният трябва да го изключим, тъй като неговото положение вече е определено. (1 точка)

3. Спътникът, разположен накрая отдясно, отстои от Юпитер малко по-далече, отколкото е радиусът на Слънцето. Следователно, той може да бъде всеки от галилеевите спътници, с изключение на Йо, но тъй като положението на Ганимед и Калисто бе вече определено, остава той да бъде Европа. (1 точка)

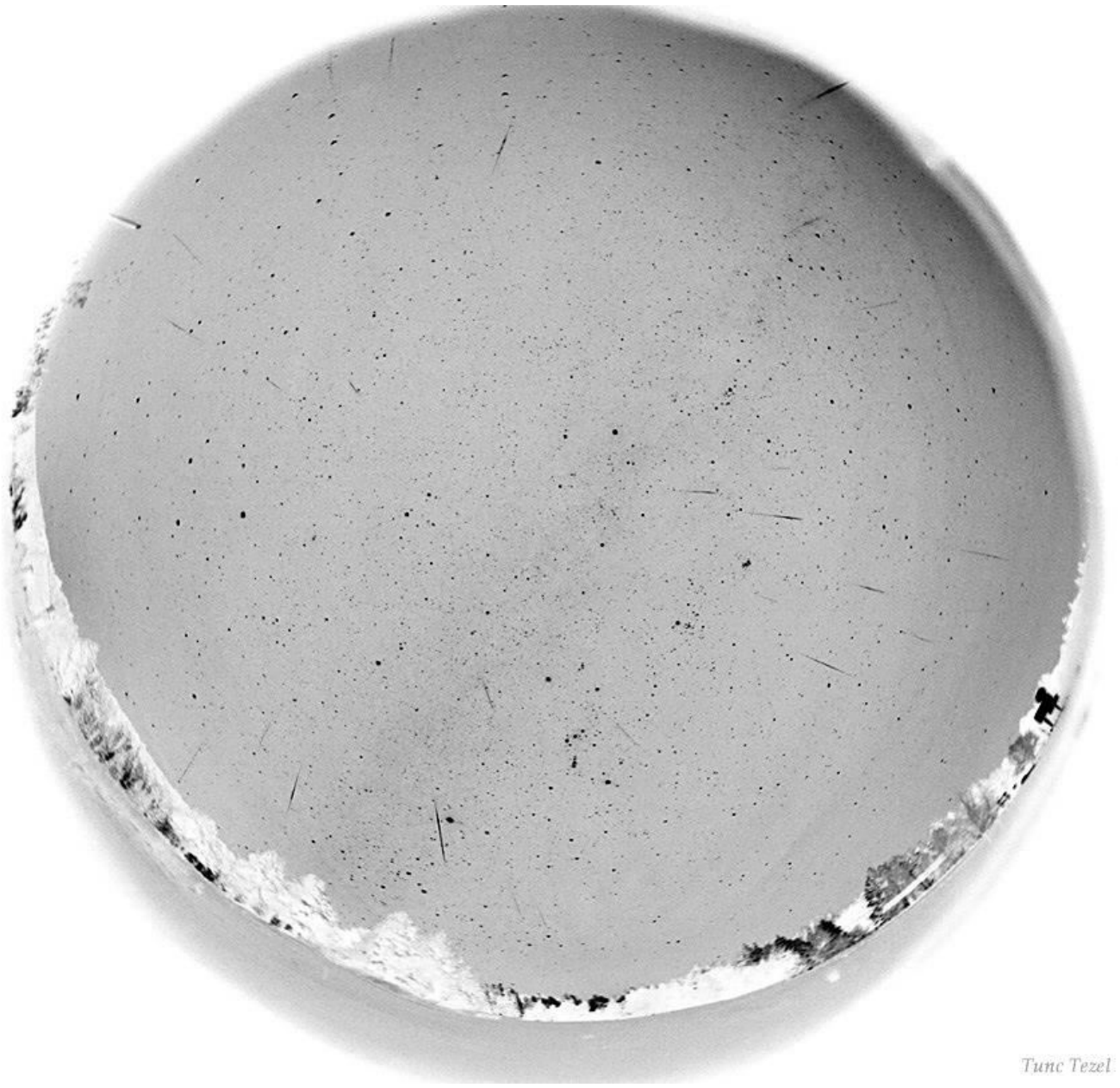
4. Най-близко разположеният до Юпитер спътник по метода на изключването го определяме като Йо, макар че в това положение може да се намира всеки от четирите галилееви спътника. **(1 точка)**

По такъв начин се получава следният ред във видимото разположение на спътниците на Юпитер (започвайки от ляво на дясно): Калисто, Ганимед, Йо и Европа. При това, ние трябва да направим следното уточнение. Вторият вляво спътник се намира на разстояние 1.1 см от центъра на Юпитер. Грешката при това измерване на разстоянието е около 1 мм, тъй като положението на центъра на Юпитер може да се определи твърде неточно поради размития характер на неговото фотографско изображение. Също така, поради грешката при измерването, 1 см съответства на радиуса на Слънцето приблизително и най-вероятно радиусът е малко по-малък. Следователно, спътникът Европа може да не се намира в своето най-отдалечено от Юпитер положение и тогава можем да го идентифицираме със втория в ляво спътник.

Ето защо, редът на спътниците, който описавме по-горе, е най-вероятен (и в крайна сметка истинският!)., Възможно е подреждане с размяна на Ганимед с Европа и обратно.



Tunc Tezel



Tunc Tezel

