

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

**Национален кръг на олимпиадата по астрономия**  
**Теоретичен тур – 5 май 2018 г.**  
**Възрастова група VII-VIII клас – решения**

**1 задача. Две галактики.** На Фиг. 1 виждате две припокриващи се галактики. Всъщност галактиките NGC 3314 са на значително разстояние една от друга и не са физически свързани. Разположението им една пред друга по лъча на зрение за нас, земните наблюдатели, е резултат на рядък шанс.

Галактиката, която виждаме на преден план, се означава с NGC 3314a и е на разстояние от нас 117 милиона светлинни години. По-далечната галактика NGC 3314b е на разстояние от нас 140 милиона светлинни години. Нейният видим ъглов размер е  $2.6'$  (дъгови минути).

• А) Вие сте странстващ фотограф-художник, който пътува с хиперпространствен космически кораб. Отначало достигате до планета в по-близката галактика NGC 3314a. Искате да фотографирате галактиката NGC 3314b по-отблизо. Какъв ще бъде за вас нейният видим ъглов размер?

• Б) После решавате да гостувате у приятели в галактиката NGC 3314b, защото знаете, че оттам ще виждате галактиката NGC 3314a, разположена пред нашата Галактика и искате да фотографирате това. Направете измерване по снимката и определете какъв ще бъде за вас видимият ъглов размер на NGC 3314a.

• В) А какъв ще бъде видимият ъглов размер на нашата Галактика, ако нейният линеен диаметър е 100 000 светлинни години?

**Решение:**

Когато пристигнем в галактиката NGC 3314a, ние ще бъдем на разстояние от другата галактика, NGC 3314b, равно на  $140 \times 10^6 - 117 \times 10^6 = 23 \times 10^6$  светлинни години. Следователно галактиката NGC 3314b ще е на  $140 \times 10^6 / 23 \times 10^6 \approx 6.09$  пъти по-близко разстояние, отколкото, когато я гледаме от нашата Галактика. Видимият ъглов размер на галактиката NGC 3314b за нас ще бъде  $2.6' \times 6.09 \approx 15.8'$ . Това е около половината от видимия ъглов диаметър на Луната, гледана от Земята.

Измерванията по снимката показват, че размерът на галактиката NGC 3314a е 10.5 см, а на галактиката NGC 3314b – 16.5 см. Следователно видимият ъглов размер на по-близката галактика NGC 3314a, гледана от нашата Галактика, ще бъде:

$$2.6' \cdot \frac{10.5 \text{ cm}}{16.5 \text{ cm}} \approx 1.65'$$

Когато се намираме в галактиката NGC 3314b, видимият за нас ъглов размер на галактиката NGC 3314a ще бъде:

$$1.65' \cdot \frac{117 \times 10^6 \text{ ly}}{23 \times 10^6 \text{ ly}} \approx 8.42'$$

Видимият ъглов диаметър на нашата Галактика, когато я гледаме от галактиката NGC 3314b, ще бъде:

$$\frac{100\,000 \text{ ly}}{140 \times 10^6 \text{ ly}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 0.0409^\circ \approx 2.46'$$

Когато се намираме в галактиката NGC 3314b, видимият ъглов диаметър на галактиката NGC 3314a ще бъде около  $10'$ , а нашата Галактика ще се вижда около четири пъти по-малка от нея. В зависимост от това къде се намираме в по-далечната галактика

NGC 3314b, ние ще виждаме нашата Галактика зад галактиката NGC 3314a или редом с нея и отново гледката ще бъде впечатляваща. Всъщност, ако нашата Галактика е разположена точно зад централната най-плътна част от галактиката NGC 3314a, тя трудно ще се различава.

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

*За правилно определяне на видимия ъглов размер на галактиката NGC 3314b за наблюдател в NGC 3314a – 4 т.*

*За измерване по снимката – 1 т.*

*За правилно определяне на ъгловия размер на галактиката NGC 3314a, гледана от NGC 3314b – 5 т.*

*За определяне на ъгловия размер на нашата Галактика – 5 т.*

**2 задача. Съобщение от Земята.** На 16.11.1974 г. чрез 300-метровия радиотелескоп Аресибо към кълбовидния звезден куп M13 е излъчено съобщение с информация за земната цивилизация. Звездният куп M13 съдържа около 300 000 звезди. Радиусът му е 84 светлинни години. Намира се на разстояние 22 200 светлинни години от нас. Радиолъчът, който носи съобщението, е насочен към центъра на звездния куп. Диаметърът на кръгчето на разсейване на радиолъча е 3.5' (дъгови минути).

Но звездният куп M13 не е неподвижен в пространството. Наблюденията показват, че неговото собствено движение (видимото изместване за една година) е 0.00149" (дъгови секунди) по ректасцензия и 0.00306" по деклинация.

- При пристигането на радиосъобщението до M13 с колко дъгови минути ще се окаже изместен центърът на звездния куп от мястото, към което е насочен радиолъчът? Има ли опасност излъченото съобщение да попадне извън звездния куп?



Звездният куп M13, радиотелескопът Аресибо и земното послание

**Решение:**

Първо, нека да определим с колко дъгови секунди се премества звездният куп M13 за една година поради собственото си движение относно нас. Използваме Питагоровата теорема:

$$\mu = \sqrt{\mu_{\alpha}^2 + \mu_{\delta}^2}$$

където  $\mu_{\alpha}$  и  $\mu_{\delta}$  са дадените ни компоненти на собственото движение по ректасцензия и по деклинация.

$$\mu \approx 0.00340'' / \text{год.}$$

Звездният куп се намира на разстояние от нас 22 200 светлинни години. Това означава, че радиосъобщението от Земята ще пътува до него 22 200 години време. Лъчът от радиотелескопа е бил насочен към центъра на купа. Но светлината от този звезден куп е пътувала до нас също 22 200 години и астрономите, насочвали радиотелескопа, са го

виждали в позицията, в която той е бил преди 22 200 години. Следователно когато съобщението стигне до купа, изместването на неговият център ще бъде:

$$\beta = 2 \times 22\,200 \text{ години} \times \mu$$
$$\beta \approx 151'' \approx 2.5'$$

Радиусът на купа е 84 ly. Неговият видим ъглов диаметър е:

$$\delta = \frac{2 \times 84 \text{ ly}}{22\,200 \text{ ly}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot 60' \approx 26'$$

Следователно, макар че радиолъчът няма да е насочен точно към центъра, той със сигурност ще попадне в рамките на звездния куп, при това с цялата си област на разсейване.

Остава да се надяваме, че там има някой, който да приеме и разшифрова съобщението и да ни отговори. За отговора ще трябва да почакаме 44 400 години.

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

*За намиране на общото отместване при собственото движение на купа за една година – 4 т.*

*За съобразяване на факта, че видимото положение на купа в момента на излъчване на съобщението не е съответствало на действителното положение – 2 т.*

*За пресмятане на цялото отместване на центъра на купа в момента на пристигане на съобщението – 3 т.*

*За пресмятания с цел да се определи дали съобщението ще попадне в звездния куп – 5 т.*

*За правилен извод – 1 т.*

**3 задача. Покритие на звезда.** Професор по лунна геология се намира в центъра на видимата от Земята страна на Луната и с наслаждение и лека носталгия съзерцава пълния сияещ диск на родната Земя в зенита.

• А) Кое време от лунното денонощие ще бъде за геолога – ден или нощ и коя част от деня или нощта – началото, средата или края?

• Б) Ако направим аналогия с лунните фази, след колко време Земята ще бъде във фаза последна четвърт?

• В) На Фиг. 2 е показано видимото положение на Земята в лунното небе, а на Фиг. 3 е дадена увеличена част от изобразеното на Фиг. 2. Начертайте възможно точно със стрелка на Фиг. 3 посоката, в която професорът ще наблюдава видимото денонощно движение на звездите на лунното небе. Обосновете вашия отговор.

• Г) Пресметнете продължителността на централно покритие на звезда от Земята, което може да се наблюдава от лунния геолог.

Радиусът на Земята е 6371 км, радиусът на Луната е 1738 км. Считайте, че лунната орбита е кръгова с радиус 384 400 км. Сидеричният лунен месец е 27.32 денонощия, а синодичният 29.53 денонощия.

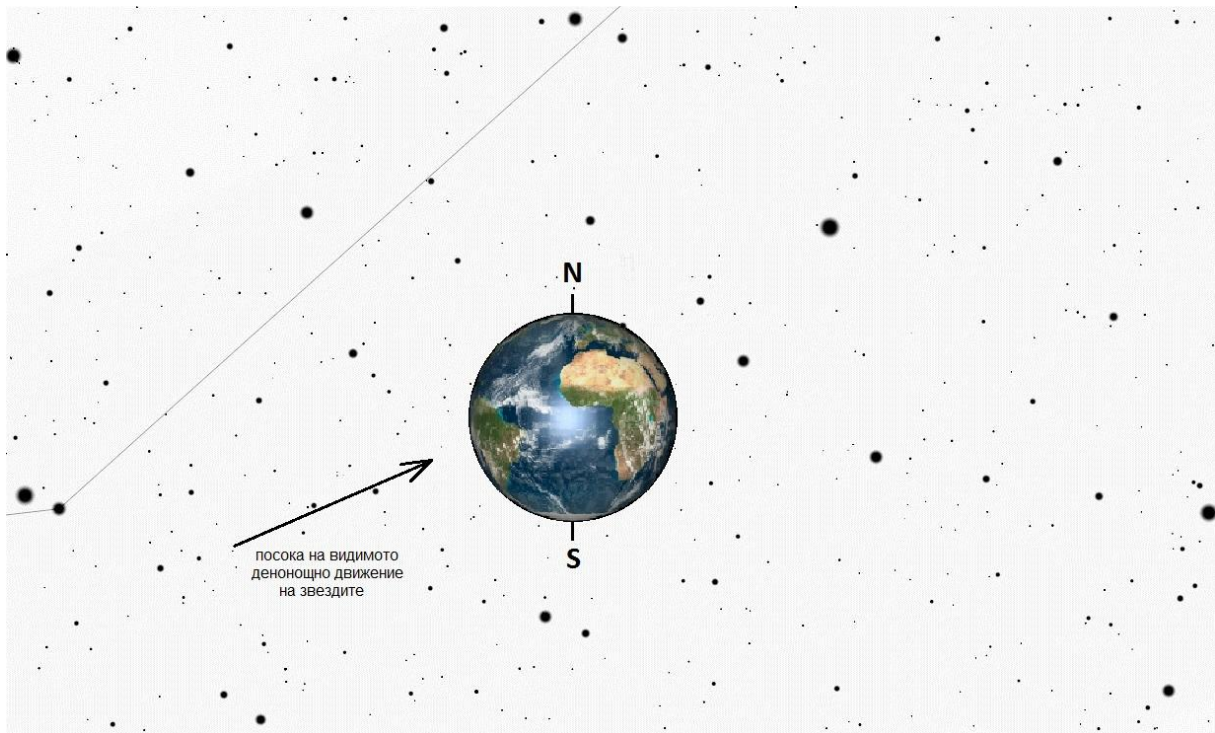
**Решение:**

Щом професорът геолог вижда Земята като пълен светещ диск, то фазата на Луната за земните жители е новолуние. Обърнатата към Земята страна на Луната е изцяло неосветена от Слънцето. Космическият геолог се намира в центъра на тази неосветена страна и за него трябва да е полунощ, т.е. средата на лунната нощ.

Периодът на смяна на фазите на Земята от гледна точка на лунен наблюдател се равнява на периода на смяна на фазите на Луната за нас, или на синодичния лунен месец Земята ще бъде във фаза последна четвърт след време:

$$29.53 \text{ денонощия} / 4 \approx 7.38 \text{ денонощия.}$$

На Фиг. 2 се вижда, че лунният геолог наблюдава Земята около есенната равноденствена точка. Това означава, че Слънцето в този момент се намира близо до пролетната равноденствена точка, или моментът на наблюдението е около пролетното равноденствие. Тогава проекцията на земната ос на фона на звездите сключва с еклиптиката ъгъл  $\varepsilon \approx 23.5^\circ$ . Лунната ос има незначителен наклон спрямо вертикалата към еклиптиката. Ако го пренебрегнем, то видимото денонощно движение на звездите в лунното небе трябва да става успоредно на еклиптиката, от изток на запад. Стрелката трябва да сключва ъгъл  $90^\circ - \varepsilon \approx 66.5^\circ$  с отбелязаната върху Фиг. 3 земна ос.



Ако не отчитаме либрациите на Луната, Земята трябва да е неподвижна в небето на лунния наблюдател. Продължителността на покритието на звезда от Земята ще се определя от видимия ъглов диаметър на нашата планета и денонощното въртене на звездното небе, което става с период, равен на сидеричния лунен месец.

Ъгловият диаметър на Земята в небето на професора по геологията ще бъде:

$$\delta_T = \frac{2R_T}{r - R_L} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

където  $R_T$  и  $R_L$  са радиусите на Земята и Луната, а  $r$  е разстоянието между техните центрове. В знаменателя от разстоянието  $r$  изваждаме лунния радиус, за да отчетем факта, че професорът се намира в средата на обърната към Земята страна на Луната.

$$\delta_T \approx 1.91^\circ$$

За продължителността на централно покритие на звезда от Земята намираме:

$$\Delta t = \frac{\delta_T}{360^\circ} \cdot 27.32 \text{ d} \times 24 \text{ h} \approx 3.48 \text{ h} \approx 3 \text{ h } 29 \text{ min}$$

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

*За отговор кое време на лунното денонощие е и обяснение – 2 т.*

*За пресмятане на времето до фаза последна четвърт на Земята – 2 т.*

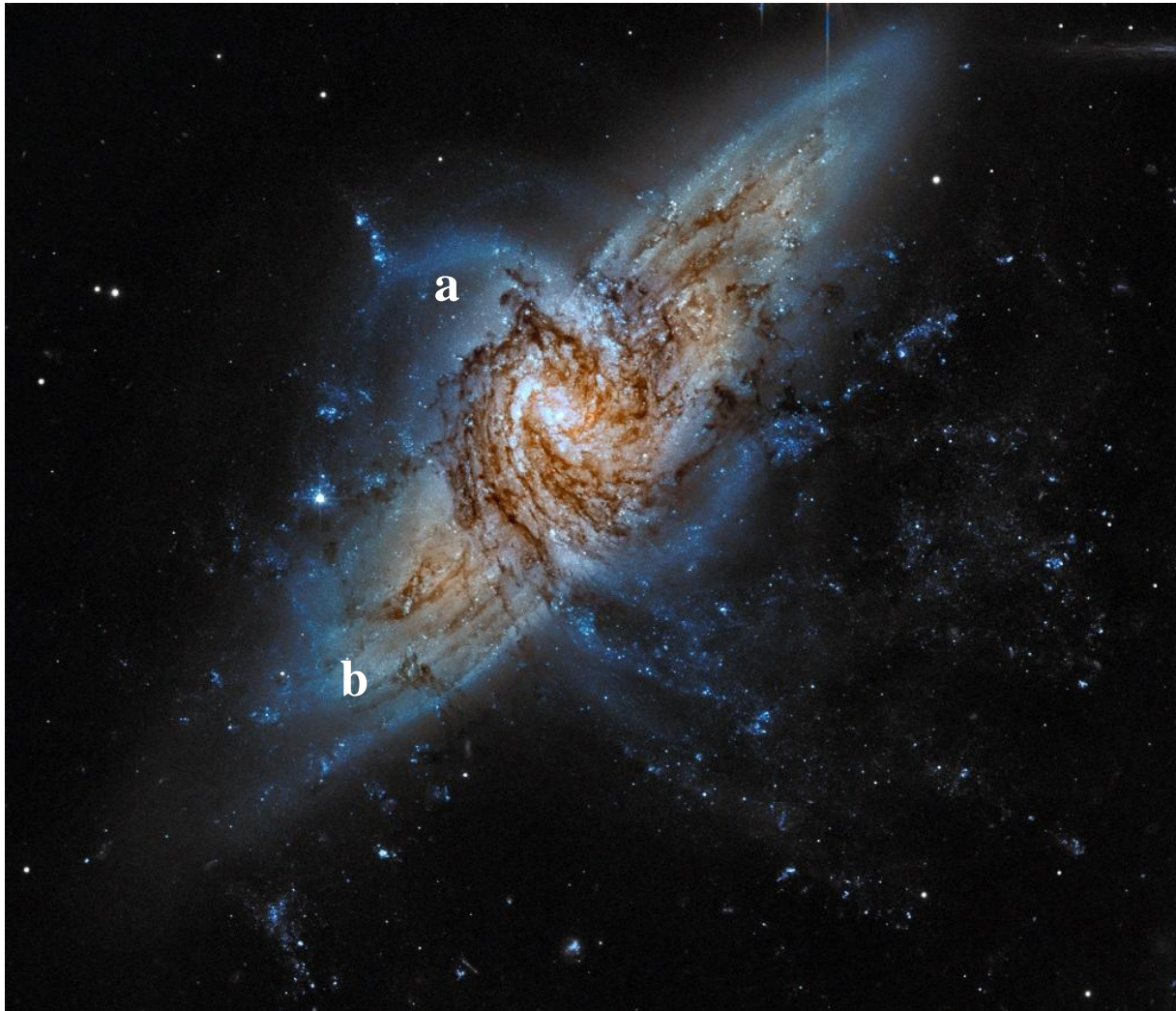
*За правилни разсъждения относно определяне на посоката на видимото движение на звездите – 3 т.*

*За правилно начертаване на стрелката – 2 т.*

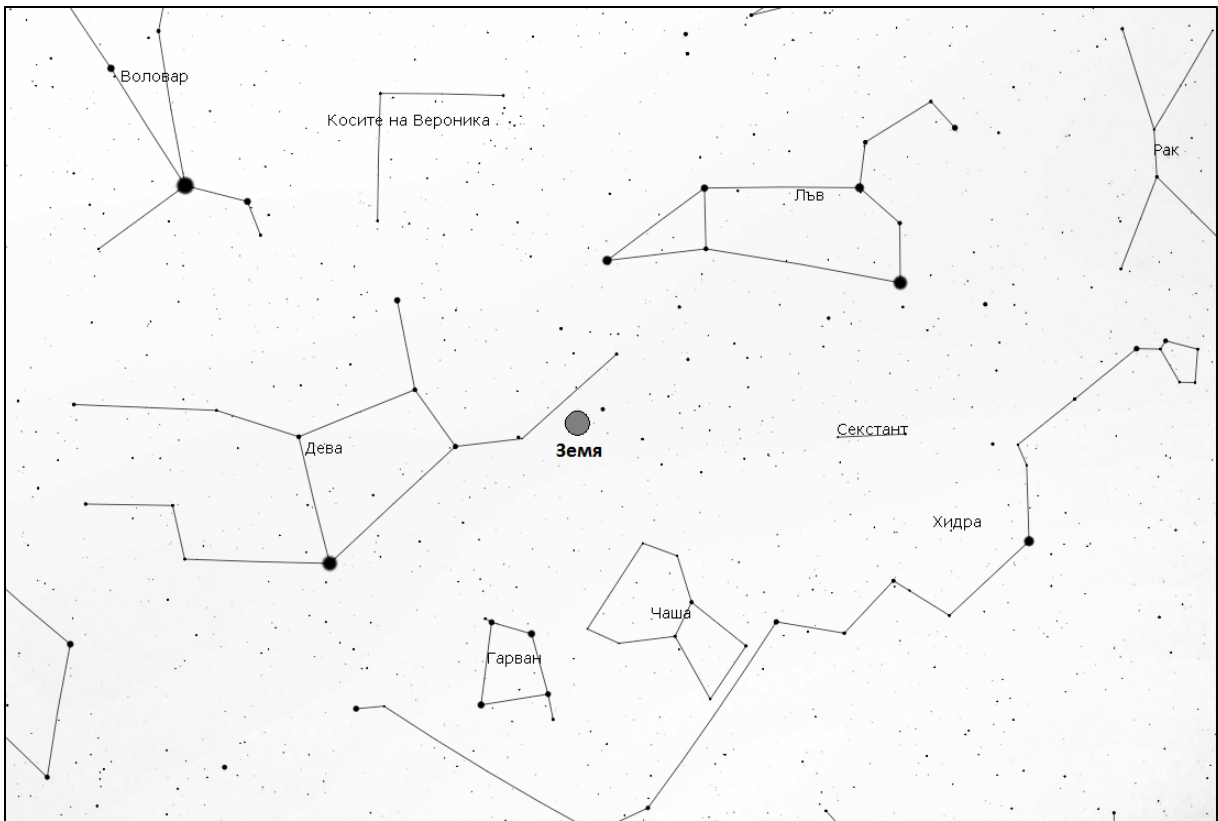
*За правилен метод на пресмятане на продължителността на покритие на звезда – 4 т.*

*За отчитане на факта, че професорът е по-близо до Земята с един лунен радиус в сравнение с разстоянието между центровете на Земята и Луната – 1 т.*

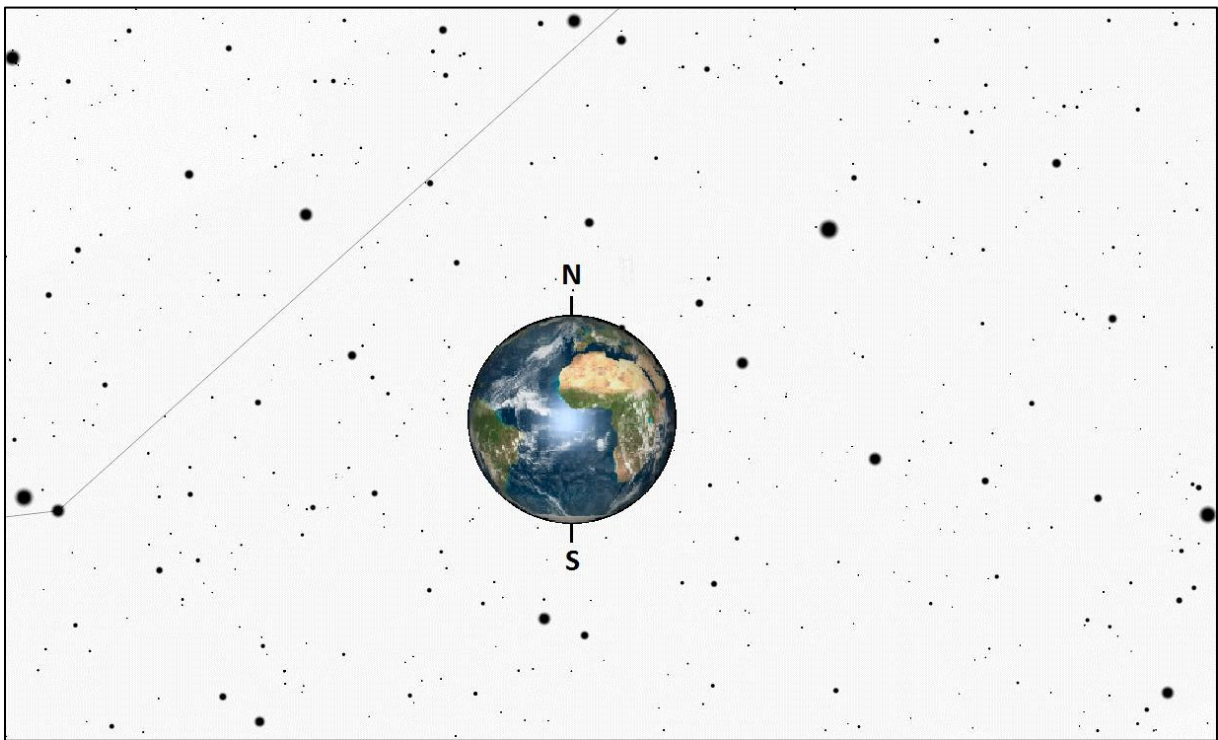
*За правилен числен резултат – 1 т.*



Фиг. 1. Галактиките NGC 3314 – към 1 задача.



Фиг. 2. Видимо положение на Земята на лунното небе – към 3 задача.



Фиг. 3. Увеличена част от Фиг. 2 – към 3 задача.