

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Общински кръг на олимпиадата по астрономия
2017 – 2018 учебна година
Възрастова група IX-X клас - решения

1 задача. Плътност на неутронна звезда. Неутронните звезди са обектите, в които се превръщат в края на живота си масивните звезди. Намерете информация за тях и научете каква е тяхната характерна плътност.

- Ако цялото земно кълбо се пресова до такава плътност, какъв би бил неговият радиус?
- Какъв би бил ръстът на един земен жител на повърхността на това кълбо, ако и той е свит до същата плътност?

Решение:

Неутронните звезди имат наистина невъобразимо висока плътност, която е сравнима с плътността на атомното ядро. Техните диаметри са около 10 – 20 км, а масата им е няколко пъти по-голяма от масата на Слънцето. Плътността на различните неутронни звезди не е точно еднаква, но нека приемем за определеност, че имаме неутронна звезда с плътност $\rho_N = 5 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$.

Масата на Земята е $M \approx 6 \times 10^{24} \text{ kg}$. Да означим с R_N радиуса на Земята, който тя ще има, когато а пресоваме до плътността на неутронната звезда. Можем да го определим от съотношението:

$$M = \frac{4}{3} \pi R_N^3 \rho_N$$

$$R_N = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{M}{\pi \rho_N}}$$

$$R_N \approx 140 \text{ m}$$

Главна съставка в човешкото тяло е водата. Затова нека приемем, че плътността му е равна на плътността на водата $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$. Нека имаме участник в олимпиадата с височина $h = 170 \text{ cm}$. Ще разгледаме приблизителен модел на неговото тяло във вид на паралелепипед с височина h и правоъгълна основа със страни a и b . Пресоваме този паралелепипед до плътността на неутронната звезда, като всяко от неговите измерения намалява k пъти. Първоначалният обем на паралелепипеда е:

$$V_0 = hab$$

След като го пресоваме, обемът му ще бъде:

$$V_N = \frac{h}{k} \cdot \frac{a}{k} \cdot \frac{b}{k} = \frac{hab}{k^3}$$

Масата на човека остава една и съща и за нея можем да напишем:

$$M_1 = V_0 \rho_1 = V_N \rho_N$$

Оттук получаваме:

$$hab \rho_1 = \frac{hab}{k^3} \rho_N$$

$$k = \sqrt[3]{\frac{\rho_N}{\rho_1}}$$

$$k \approx 80000$$

Всяко от измеренията на нашия модел ще бъде намалено 80000 пъти. Следователно височината на участника в олимпиадата ще стане:

$$h_N = \frac{h}{80000} \approx 20 \times 10^{-6} \text{ m} = 20 \text{ микрона}$$

Това е само малко повече от размерите на белите кръвни телца.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За намиране на информация за характерната плътност на неутронна звезда (различни участници могат да използват различни стойности, но важното е те да са от порядъка на 10^{-17} кг/м^3) – 1 т.

За правилен начин за определяне на новия радиус на Земята – 2 т.

За вярно числено пресмятане (отговорите могат да се различават в зависимост от конкретната стойност, приета за плътността на неутронната звезда) – 1 т.

За приемане на достоверна стойност за плътността на човешкото тяло – 1 т.

За правилен математически метод на пресмятане – 4 т.

За верен числен резултат (стойностите могат да се различават в зависимост от първоначално приетите данни) – 1 т.

2 задача. Ракетна маневра. Станцията Юнона (Juno) изследва планетата Юпитер, като се е превърнала в неин спътник. Станцията е изстреляна от Земята през 2011 г. и след 5-годишен полет достига до своята цел. На 5.VII.2016 г. Юнона се приближава до Юпитер. Тогава тя има скорост 210 000 км/ч. За да бъде забавена, в 03 ч. 18 мин. UT се включват нейните ракетни двигатели и се изключват в 03 ч. 53 мин. В резултат скоростта на станцията намалява с 542 м/сек. и тя влиза в елиптична орбита около Юпитер.

• А) Какво е средното ускорение на станцията в този интервал? Какво е претоварването, на което е подложена техниката на борда на станцията?

• Б) Масата на станцията е 1590 кг, а масата на изразходваното ракетно гориво при тази маневра е пренебрежимо малка. Каква е средната мощност, с която са работили ракетните двигатели?

Решение:

Първо пресмятаме времето, през което са работили ракетните двигатели на станцията:

$$\Delta t = 03\text{h } 53\text{min} - 05\text{h } 18\text{min} = 35 \text{ min} = 2100 \text{ s}$$

За това време скоростта на станцията е намаляла със стойност $\Delta v = 542 \text{ m/s}$. Следователно средното ускорение, с което се е движила станцията, е било:

$$a = -\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a \approx -0.258 \text{ m/s}^2$$

Ускорението е със знак минус, защото скоростта на станцията е намалявала. По абсолютна стойност то е много по-малко от земното ускорение ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$) и за претоварване на станцията не може да се говори. Все пак можем да пресметнем отношението на двете ускорения:

$$\frac{a}{g} \approx 0.026$$

Това означава, че докато са работели двигателите, техническите устройства на борда на станцията са придобили „тегло”, равно на 2.6% от нормалното им земно тегло.

За да намерим мощността на двигателите, трябва да изчислим до каква промяна на кинетичната енергия на станцията е довела тяхната работа. Началната скорост на станцията е $v = 210000 \text{ km/h} \approx 58 \text{ km/s}$, а нейната маса е $M = 1590 \text{ kg}$. Промяната на кинетичната енергия на станцията ще бъде:

$$\Delta E = \frac{Mv^2}{2} - \frac{M(v - \Delta v)^2}{2}$$

$$\Delta E = \frac{(2v - \Delta v)\Delta v M}{2}$$

$$\Delta E \approx 5 \times 10^{10} \text{ J}$$

Средната мощност на двигателите е:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \approx 23.8 \times 10^6 \text{ W}$$

Всъщност енергията на космическата станция е намаляла и това е станало за сметка на увеличаването на кинетичната енергия на изхвърлените от ракетните дюзи отработени газове.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилен начин за пресмятане на средното ускорение – 2 т.

За верен числен отговор – 1 т.

За разсъждения относно претоварването на станцията – 1 т.

За правилен математически метод за определяне на мощността – 5 т.

За верен числен отговор – 1 т.

3 задача. Флагът на Аляска. Пред вас е флагът на щата Аляска.

- А) Част от кое съзвездие представляват седемте ярки звезди в лявата страна на флага?
- Б) Коя е звездата горе вдясно? Дорисувайте схематично съзвездието, към което тя принадлежи.
- В) Могат ли през някой месец от годината тези звезди да се наблюдават в такова положение в полунощ? Обяснете вашия отговор.



Решение:

Седемте ярки звезди в лявата част на снимката са от съзвездието Голяма мечка. Ярката звезда горе вдясно е Полярната звезда. Тя е най-ярката от съзвездието Малка мечка. Основната му фигура се очертава от седем звезди. Те са нарисувани приблизително на следващата фигура.



Ако разгледаме разположението на съзвездията на някоя звездна карта или с помощта на компютърна програма, показваща звездното небе, ще видим, че под съзвездието Голяма мечка са разположени зодиакалните съзвездия Лъв и Рак. На флага на Аляска е изобразена част от звездното небе приблизително в северна посока. До точката север на хоризонта ще стигнем, ако прекараме вертикална линия през Полярната звезда в посока надолу. Тази линия би преминала през съзвездието Рак. В полунощ Слънцето също трябва да е на север. Следователно то трябва да е в съзвездието Рак. Това се случва през август. Можем да видим такова разположение на звездите в небето в полунощ през месец август.

В най-северните части на Аляска през това време на годината все още нощите са твърде светли, защото дори в полунощ Слънцето не слиза много под хоризонта. Така че, ако сме там, трудно ще можем действително да видим звездното небе в този вид дори в полунощ.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За разпознаване на съзвездието в лявата част – 2 т.

За разпознаване на Полярната звезда – 1 т.

За посочване на съзвездието, към което принадлежи Полярната звезда – 1 т.

За дорисувване на Малката мечка – 2 т.

За разсъждения през кой месец от годината звездите са разположени по този начин в полунощ – 2 т.

За правилно заключение – 1 т.

За съображение относно видимостта на звездите от Аляска по това време на годината в полунощ – 1 т.

4 задача. Луна и пингвинче. На рисунката виждате малко пингвинче, застанало върху леда.

- А) Нарисувайте приблизително как ще изглежда за пингвинчето фазата на Луната след една седмица.

- Б) Разгледайте внимателно лунното изображение. Сравнете го със снимки на Луната. Прочете някои лунни карти. Може ли някога едно антарктическо пингвинче да вижда Луната, разположена по този начин?



Решение:

Луната очевидно е в пълнолуние. След една седмица тя ще бъде във фаза приблизително последна четвърт. Тогава тя ще изглежда като полукръг, обърнат с изпъкналата си страна на изток. Ние живеем в северното полукълбо и за нас Луната в такава фаза се вижда с изпъкналата си част наляво:



Пингвинчето, обаче, живее в южното полукълбо и за него Луната ще се вижда обърната на обратно:



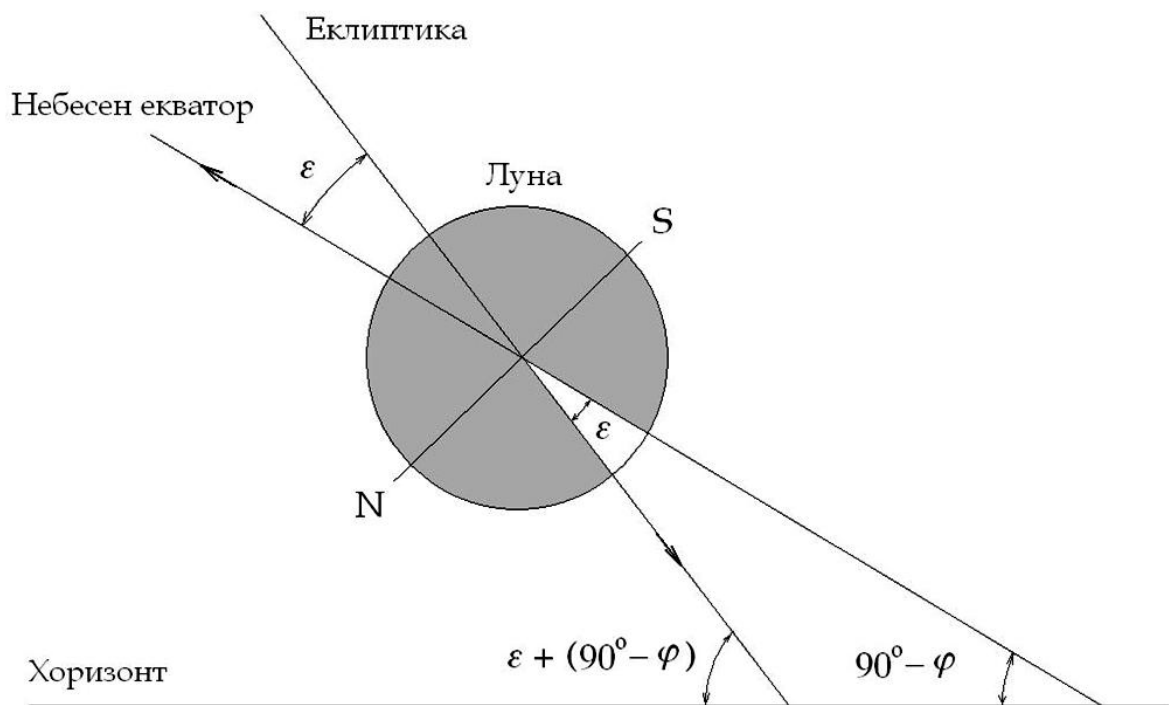
На следващата фигура е показана Луната в пълнолуние, като са означени нейният северен и южен полюс, някои морета, Океанът на бурите и кратерът Тихо за общи ориентирни.



Сравняваме тази фигура с изображението на Луната на картинката с пингвинчето и отбелязваме приблизително ориентацията на лунната ос. Вижда се, че северният полюс на Луната е от долната страна, както и трябва да бъде за наблюдател от южното полукълбо.



Ние гледаме към пингвинчето от страни, дори леко отгоре. Това, че Луната се вижда непосредствено над него означава, че тя е много ниско, почти на хоризонта. Измерваме с транспортир и намираме, че оста на Луната сключва с хоризонта ъгъл около 40° . Оста на Луната е почти перпендикулярна на равнината на еклиптиката. Следователно еклиптиката сключва с хоризонта ъгъл около 50° . Нека Луната се намира близо до една от равноденствените точки. Тогава наклонът на оста на Луната ще се определя не само от географската ширина, но и от ъгъла между небесния екватор и еклиптиката. На снимката виждаме, че северният полюс на Луната е насочен наляво и надолу. Това е възможно само ако Луната е ниско над източния хоризонт. Ако тя е близо до пролетната равноденствена точка, то тогава ъгълът, който сключва лунният екватор, а следователно и еклиптиката с хоризонта, е равна на $\theta = \varepsilon + (90 - \varphi) = 50^\circ$, както се вижда от фигурата по-долу и както следва от измерванията по картинката.



Решаваме това уравнение относно φ и получаваме $\varphi = 90^\circ - 50^\circ + \varepsilon = 40^\circ + 23^\circ.5 = 63^\circ.5$. Следователно Луната може да бъде видяна по този начин от точка с южна географска ширина, равна на $63^\circ.5$.

По-голямата част от крайбрежието на Антарктида е на юг от южната полярна окръжност или почти съвпада с нея. Само Антарктическият полуостров се проточва на няколко градуса на север от полярната окръжност като достига до около 63° южна ширина. За да види Луната по този начин, пингвинчето трябва да се намира в най-северната част на Антарктическият полуостров.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За определяне на правилната лунна фаза след една седмица – 2 т.

За правилна схематична рисунка на тази фаза – 2 т.

За отчитане, че от южното полукълбо Луната ще се вижда на обратно – 1 т.

За свързване на видимото разположение на лунните морета с факта, че пингвинът наблюдател се намира в южното полукълбо – 1 т.

За правилен начин на разсъждение относно връзката между видимата ориентация на лунната ос и разположението на наблюдателя върху Земята – 3 т.

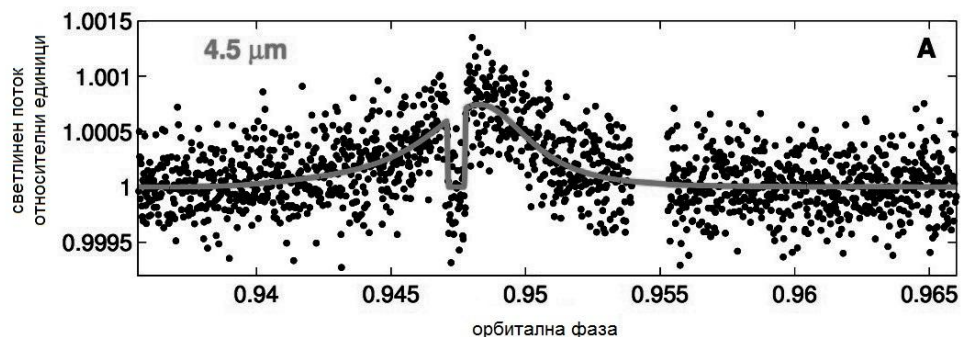
За намиране на информация къде на антарктическият континент може да се намира наблюдателят – 1 т.

За правилен краен извод – 1 т.

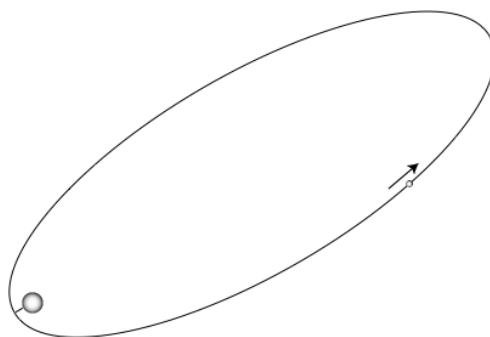
5 задача. Екзопланета. Около далечна звезда, много подобна на Слънцето, в съзвездието Голяма мечка е открита планета от типа „горещ Юпитер“, която се движи по силно изтеглена елипса. В най-далечната точка от своята орбита планетата се намира на разстояние от звездата 0.876 AU (астрономически единици), а в най-близката точка – на 0.0301 AU.

• А) Зрителният лъч от земния наблюдател към звездата лежи почти точно в равнината на орбитата на планетата. При наблюдение в инфрачервени лъчи е регистрирано затъмнение на планетата от звездата. То се случва, когато планетата преминава зад звездата. Дадена ви е графика на изменение на видимия блясък, създаван съвместно от звездата и планетата. Обяснете качествено вида на тази графика. *Упътване:* Помислете как се променя

температурата на планетата при движението ѝ по нейната орбита. Прекъсването на графиката около фаза 0.955 се дължи на липса на наблюдателни данни в този интервал и няма отношение към решаването на задачата.



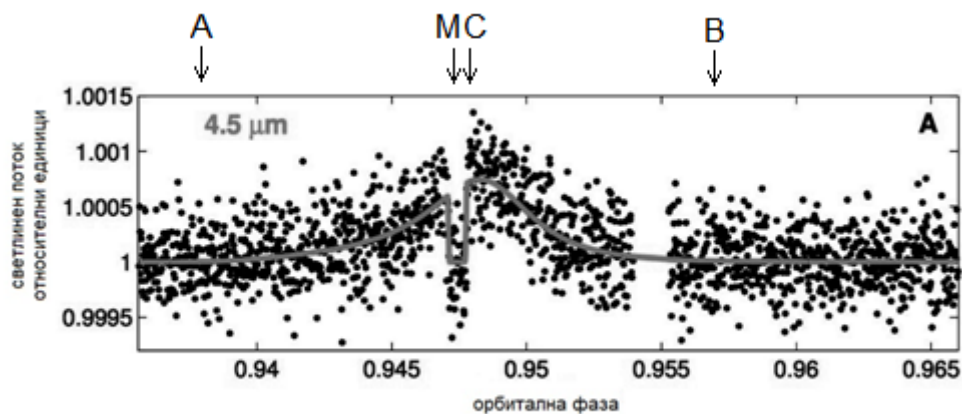
• Б) На следващия чертеж със звездата и орбитата на планетата, нарисуйте приблизително посоката към Земята. Преценете тази посока по вида на графиката. Достатъчно е да приведете само качествени разсъждения, без да правите пресмятания.



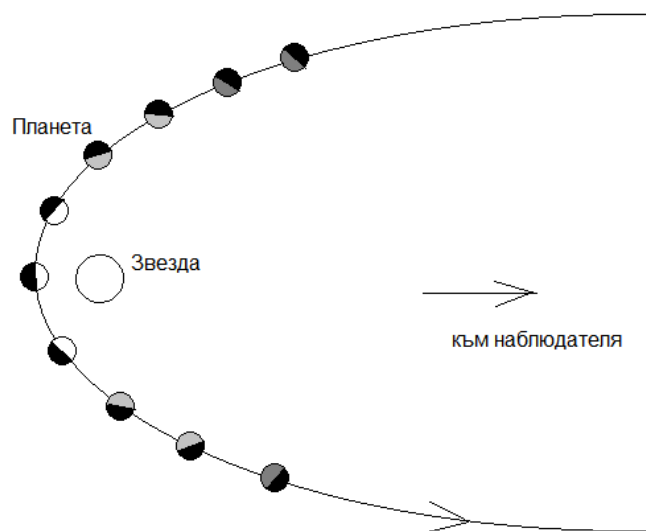
Решение:

Когато планетата е в най-отдалечената от звездата точка от своята орбита, тя се намира на разстояние само малко по-малко от една астрономическа единица, или средното разстояние от Земята до Слънцето. Нека да наречем тази точка от орбитата на планетата апоцентър. Тъй като звездата е подобна на нашето Слънце, то тогава планетата е малко по-силно осветена от своята звезда, отколкото е Земята от Слънцето. Дори планетата да е сравнима по размери с Юпитер, то нейният блясък, дължащ се на отразеното от звездата лъчение, ще има пренебрежимо малък принос към общия блясък на системата звезда – планета, който е представен на графиката. Но в най-близката точка – в перицентъра на своята орбита, планетата се намира само на около 3 стотни части от астрономическата единица от звездата. Тогава тя трябва твърде силно да се нагрява от звездното лъчение и нейната страна, която е обърната към звездата, трябва да има ярко излъчване, особено в инфрачервени лъчи. Наблюдението е направено именно в инфрачервени лъчи – в този спектрален диапазон планетата може да има значително по-съществен принос в излъчването на системата звезда-планета. При високата точност на наблюденията това може да се отрази на вида на графиката. Такова повишение на блясъка се вижда в участъка А-В, означен със стрелки на фигурата по-долу.

Вижда се също, че точно в този интервал е било наблюдавано затъмнението или покритието на планетата от звездата. То съответства на краткото понижение на блясъка, означено с М на фигурата.

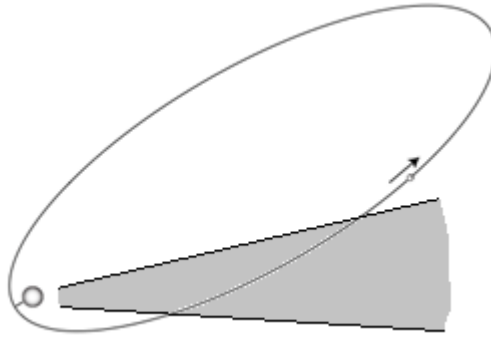


За да наблюдаваме достатъчно добре повишението на блясъка в интервала А – В, трябва орбитата на планетата да е подходящо разположена спрямо нас. Да разгледаме ситуацията, изобразена на следващата схема, на която е показана част от орбитата на планетата около перицентъра.



Виждаме, че приносът на блясъка на планетата към общия блясък на системата планета-звезда се увеличава с приближаването ѝ към звездата. Обърнатата към звездата страна на планетата се нагрява все повече и става по-ярка. Но има и още една причина за повишаване на блясъка на планетата, която се дължи на изменението на „фазата” на планетата от гледна точка на наблюдателя. Колкото повече планетата се приближава до момента на затъмнението си от звездата, толкова повече тя се обръща към наблюдателя с огрялата си страна.

При ситуацията, изобразена на тази схема, обаче, минимумът на блясъка, породен от затъмнението, би трябвало да съвпада с теоретичния момент на максимум на блясъка в интервала, през който блясъкът се повишава. Този момент е означен с С на графиката и виждаме, че затъмнението М настъпва малко преди него. Това означава, че посоката към земния наблюдател е някъде в сектора, означен в сиво на следващата фигура.



Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За свързване на краткия минимум на блясъка с покритието на планетата от звездата – 2 т.

За предположението, че повишението на блясъка в интервала А-В се дължи на максималното приближаване на планетата към звездата и нейното нагряване – 2 т.

За съобразяване на произтичащата оттук обща ориентация на орбитата спрямо наблюдателя – 2 т.

За отбелязване на фазовия ефект – 2 т.

За обяснение на факта, че затъмнението не съвпада с момента на максимален блясък и окончателно заключение за посоката към наблюдателя – 2 т.

6 задача. Метеорен поток. Намерете информация и проучете какво представляват метеорите, метеорните потоци, от какви космически тела се пораждаят метеорните роеве и какво е метеорен радиант.

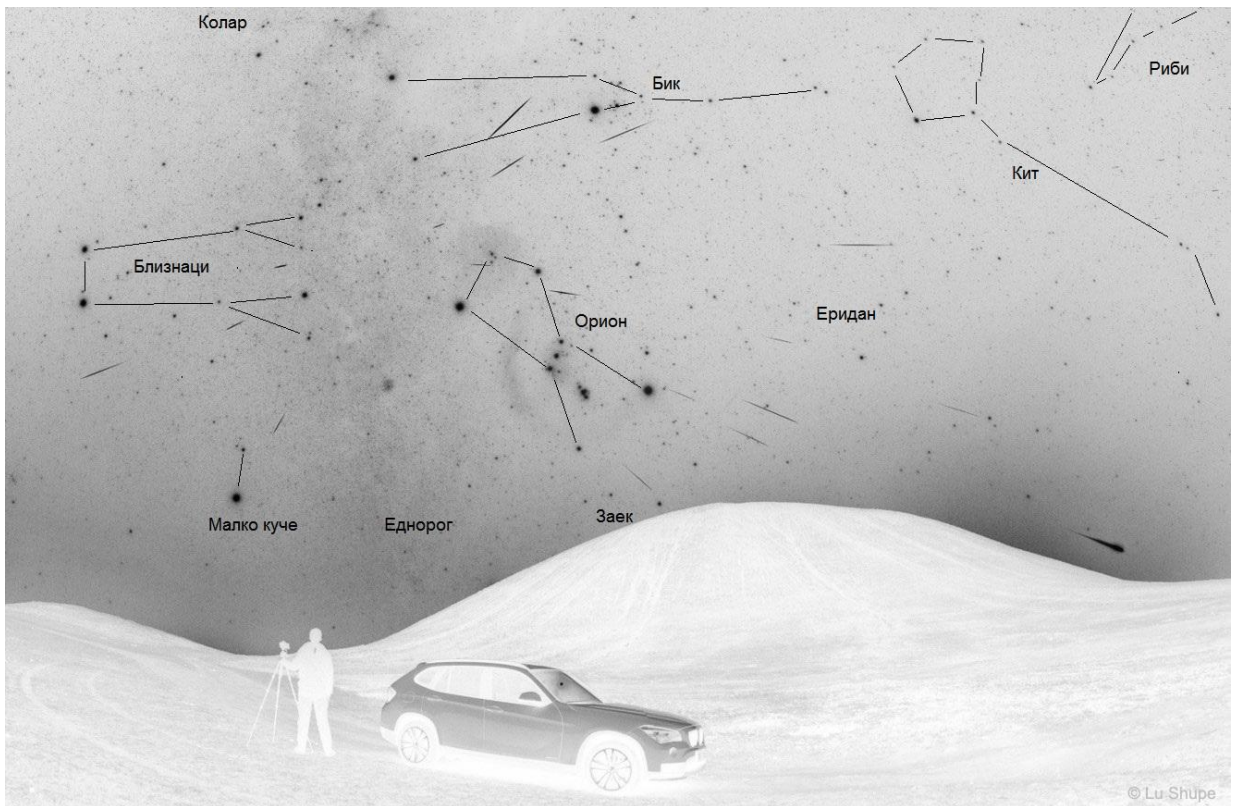
Дадено ви е негативно изображение на звездното небе и множество метеори от активен метеорен поток.

- А) Означете върху изображението поне три съзвездия.
- Б) С помощта на линейка и молив постройте радианта на метеорния поток.
- В) В кое съзвездие се намира радиантът? Като знаете, че метеорните потоци получават названията си по съзвездията, в които са техните радианти, определете кой е метеорният поток, който е фотографирал. Кога е максимумът на активността на потока?
- Г) Коя е родителската комета на метеорния рой, предизвикващ този метеорен поток? Същият рой се пресича от Земята още веднъж и се наблюдава още един метеорен поток, породен от него. Как се нарича той и кога е максимумът на неговата активност?



Решение:

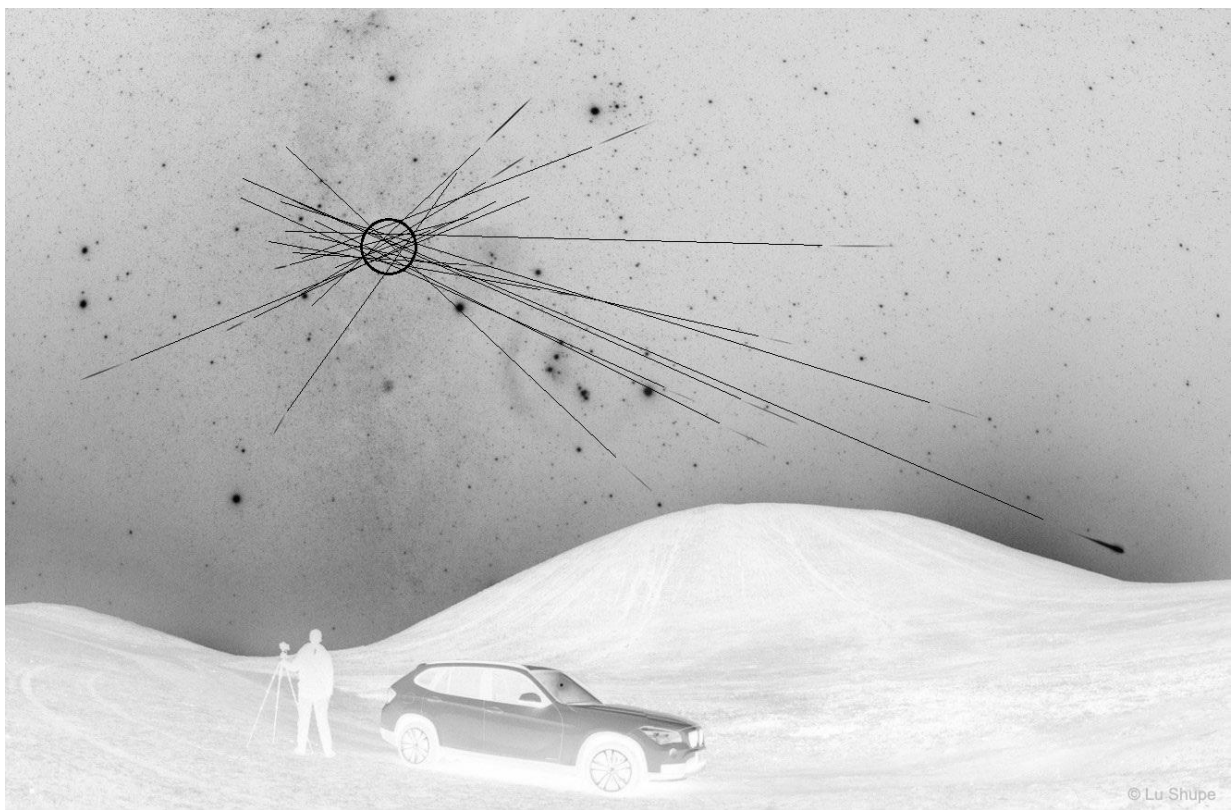
На фиг. 1 са означени съзвездията, които се виждат, включително и онези от тях, от които върху снимката попадат само определени части. От участниците в олимпиадата се иска да означат само три от тези съзвездия.



Фиг. 1. Съзвездия.

Метеорните тела или частици са отломъци от скално вещество или лед, които се движат в междупланетното пространство. Метеорите са светлинни явления, породени от навлизането на метеорни тела в земната атмосфера. Поради високите скорости на метеорните тела, на височина около 80 – 100 км над земната повърхност във въздуха се предизвиква светене. (Метеорните частици се движат с космически скорости, многократно надвишаващи скоростта на звука. Когато навлязат в достатъчно плътните слоеве на земната атмосфера, при движението им се поражда ударни вълни, предизвикващи изключително рязко вълпътняване на въздуха, при което той се нагрива до няколко хиляди градуса температура. Това обяснение се дава тук за информация, но не се изисква от участниците). Метеорен поток се наблюдава, когато при движението си по своята орбита Земята пресича някой метеорен рой. Роевете от метеорни частици са останки от разрушаващи се комети. Метеорните частици, принадлежащи на определен рой, влизат в земната атмосфера по почти успоредни траектории. Затова при наблюдение на метеорен рой метеорите сякаш се разлитат от една точка, наречена радиант. Това е явление на перспективата, подобно на случая, когато успоредните железопътни релси ни се струва, че се събират в една точка на хоризонта.

С молив и линейка продължаваме назад траекториите на метеорите върху снимката. Радиантът никога не е точка, затова тези продължения се събират и пресичат в една област от небето, която е означена с кръг на Фиг. 2. В тази област е радиантът на наблюдавания метеорен поток. Виждаме, че той се намира в район, където граничат съзвездията Орион, Близнаци и Бик, но внимателна справка със звездна карта ни показва, че радиантът е в рамките на съзвездието Орион. Следователно наблюдаваният поток трябва да се нарича Ориониди. Действително, това е снимка на метеори от потока Ориониди, действаш във втората половина на октомври.



Фиг. 2. Радиант на Орионидите.

Метеорният поток Ориониди има максимална активност на 20-21 октомври. Родителска комета на съответния метеорен рой е известната Халеева комета. Земята пресича роя и в началото на май. Тогава се наблюдава метеорният поток η -Аквариди с максимум на активността 5-6 май.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За означаване на картата и посочване на имената на три съзвездия – 3 т.

За построяване на радианта и показано разбиране какво представлява метеорен поток и метеорен радиант – 4 т.

За посочване в кое съзвездие се намира радиантът и определяне кой е бил метеорният поток – 1.5 т.

За намиране на информация коя е родителската комета на роя и кой е другият метеорен поток, породен от него, както и датата на максимална активност – 1.5 т.