

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Областен кръг на олимпиадата по астрономия

16 февруари 2020 г.

Възрастова група VII-VIII клас – решения

1 задача. Небесни съкровища. На следващите снимки виждате едни от най-красивите небесни обекти. За всеки от тях са дадени неговите координати – ректасцензия (α) и деклинация (δ).

- А) Нанесете приблизително положенията на тези обекти на дадената ви звездна карта с координатна мрежа и до тях напишете съответните им обозначения.
- Б) Кой два от обектите са на най-близко разстояние един от друг в космическото пространство? Обяснете вашия отговор.



Кълбовиден звезден куп M13
 $\alpha = 16^{\text{h}}42^{\text{m}}, \delta = 36^{\circ}28'$



Спирална галактика M51
 $\alpha = 13^{\text{h}}30^{\text{m}}, \delta = 47^{\circ}12'$



Спирална галактика M101
 $\alpha = 14^{\text{h}}03^{\text{m}}, \delta = 54^{\circ}21'$



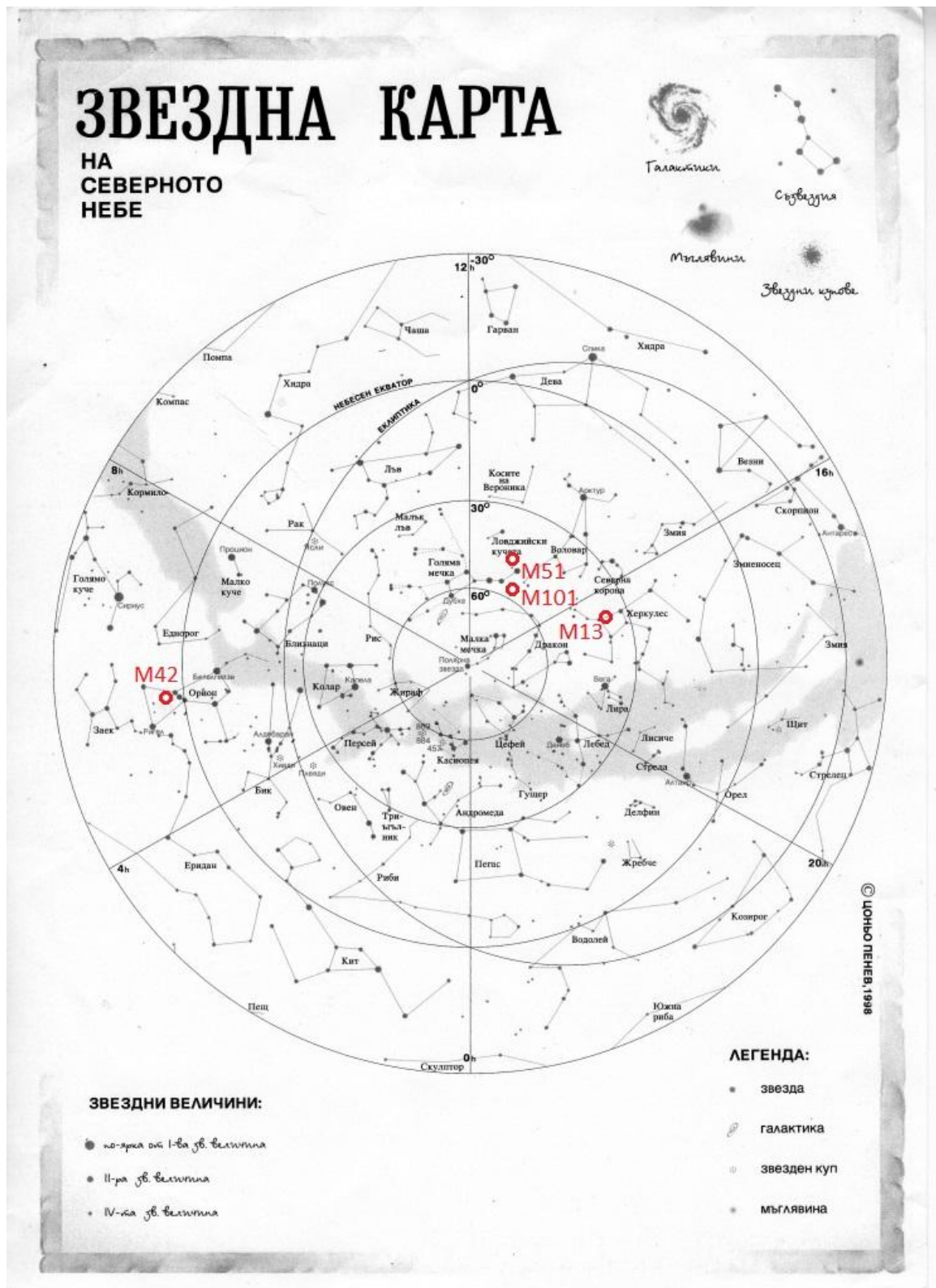
Мъглявината M42
 $\alpha = 05^{\text{h}}35^{\text{m}}, \delta = -05^{\circ}23'$

Решение:

Като използваме дадените координати, нанасяме четирите обекта на звездната карта.

Обектите, които са най-близки един до друг в пространството, са кълбовидният звезден куп M13 и мъглявината M42. Те и двата се намират в нашата

Галактика, чиито диаметър е около 100 000 светлинни години. Галактиките M51 и M101 са други огромни звездни системи, подобни на нашата Галактика. Те са отдалечени на милиони светлинни години както от нас, така и една от друга.



Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилно нанасяне на всеки от обектите $4 \times 2 \text{ т.} = 8 \text{ т.}$

За посочване на най-близките един до друг обекти – 1 т.

За обяснение – 3 т.

2 задача. Летният триъгълник. Три от най-ярките звезди на лятното небе образуват запомняща се фигура, позната като Летния триъгълник. Разстоянията до тях са, както следва:

Вега – 25 светлинни години

Денеб – 2610 светлинни години

Алтаир – 16.7 светлинни години.

Светлинна година е разстоянието, което светлината изминава за една година, движейки се със скорост 300 000 км/сек. Тази скорост е недостижима за материалните обекти.



През 3020 г. от Земята тръгват три свръхбързи космически кораба, движещи се с 60 000 км/сек., към всяка от трите звезди.

- А) За колко години всеки от корабите ще достигне до своята звезда?

- Б) През коя година на Земята ще се получат снимки отблизо на планетата, обикаляща около Вега? Изображенията на планетата се изпращат от кораба чрез радиосигнали, също движещи се със скоростта на светлината.

- В) По видим блясък най-ярката звезда от Летния триъгълник Вега е около 3 пъти по-ярка от най-слабата звезда Денеб. Коя от трите звезди всъщност има най-мощно излъчване (най-висока светимост)? Обяснете вашия отговор.

Решение:

Скоростта на светлината е $c = 300\,000\text{ km/s}$, скоростта на космическите кораби е $v = 60\,000\text{ km/s} = \frac{1}{5}c$. Корабите се движат 5 пъти по-бавно от светлината. Следователно времената, за които те ще достигнат своите цели, ще бъдат:

- до Вега – $25 \times 5 = 125$ години
- до Денеб – $2610 \times 5 = 13\,050$ години
- до Алтаир – $16.7 \times 5 = 83.5$ години.

Корабът, който пътува до Вега, ще стигне там през $3020 + 125 = 3145$ година. Щом направи снимките на планетата и ги изпрати към Земята чрез радиосигнали, те ще достигнат до нас след още 25 години. Изображенията на планетата ще се получат от земните астрономи през $3145 + 25 = 3170$ година, или 150 години след изстрелването на кораба.

Звездите Алтаир и Вега са доста близки до нас. Денеб е отдалечен на повече от сто пъти по-голямо разстояние от Алтаир и от Вега. Звездата с най-ярък видим блясък в Летния триъгълник е Вега. Ако тя е само 3 пъти по-ярка от Денеб в нашето небе, то това означава, че общото излъчване на Денеб е много пъти по-мощно както от това на Вега, така и на Алтаир. Денеб е с най-висока светимост от трите звезди от Летния триъгълник.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За пресмятане на времето, за което всеки кораб ще стигне до своята цел – $2 \times 3 = 6\text{ т.}$

За определяне на годината, в която снимките на планетата около Вега ще се получат на Земята – 3 т.

За посочване на звездата с най-висока светимост и обяснение – 3 т.

3 задача. Звездата Апеп.



Двойната система 2ХММ J160050.7–514245 се състои от две масивни, изключително горещи и мощно излъчващи звезди, които вече навлизат в крайните стадии на своята еволюция. С един от 8-метровите телескопи на Европейската южна обсерватория в Чили е получена фотография в инфрачервени лъчи на необикновената спираловидна мъглявина около двете звезди. Тя е дала повод системата да се нарече Апеп по името на фантастичното същество от египетската митология, което представлява огромна змия, символ на мрака и хаоса (на гръцки Апофис).

При взаимодействието на мощните звездни ветрове от двете звезди от системата се изхвърлят струи газ и прах, които се завихрят в спирали поради орбиталното движение на звездите. На отделен лист ви е дадена същата фотография с мащаб в астрономически единици (AU), равняващи се приблизително на средното разстояние от Земята до Слънцето. Мащабът е даден чрез малка отсечка долу вляво. Правоъгълникът около двете звезди е даден в увеличен вид в горния десен ъгъл.

- А) Направете необходимите измервания и определете разстоянието между двете звезди в астрономически единици.
- Б) Определете размерите на мъглявината и ги изразете в светлинни години. Светлината изминава разстоянието от Земята до Слънцето за 500 секунди.

Решение:

Измерваме отсечката, с която е обозначен мащабът от 2500 AU. Получаваме 7 мм. Измерваме разстоянието между двете звезди, което се оказва 5.5 мм. Така намираме, че разстоянието между двете компоненти на двойната система е:

$$r = \frac{5.5 \text{ мм}}{7 \text{ мм}} \cdot 2500 \text{ AU} \approx 2000 \text{ AU}$$

Бихме могли да използваме и увеличеното изображение в горния десен ъгъл. Измерваме по хоризонталната скала на увеличения правоъгълник и намираме, че 0.2" отговарят на 31.5 мм, а разстоянието между двете звезди е 13 мм. Върху хоризонталната скала на цялата фигура намираме, че 1.6" съответстват на 109 мм. Следователно на 0.2" отговарят $109 / 8 \approx 13.6$ мм. Пренасяме мащаба и пресмятаанията ни довеждат до същия приблизителен резултат:

$$r = \frac{\frac{13.6 \text{ мм}}{31.5 \text{ мм}} \cdot 13 \text{ мм}}{7 \text{ мм}} \cdot 2500 \text{ AU} \approx 2000 \text{ AU}$$

Измерваме размерите на мъглявината в хоризонтално и във вертикално направление и получаваме 95 мм × 85 мм. Като използваме отново мащаба, получаваме тези размери в астрономически единици:

$$\frac{85 \text{ мм}}{7 \text{ мм}} \cdot 2500 \text{ AU} \approx 30\,357 \text{ AU}$$

$$\frac{95 \text{ мм}}{7 \text{ мм}} \cdot 2500 \text{ AU} \approx 33\,929 \text{ AU}$$

Сега трябва да пресметнем същите размери в светлинни години. Светлината изминава 1 AU за 500 секунди. Оттук намираме:

$$1 \text{ AU} = \frac{500 \text{ s}}{365.25 \text{ d} \times 24 \text{ h} \times 60 \text{ m} \times 60 \text{ s}} \approx 1.58 \times 10^{-5} \text{ светлинни години}$$

Умножаваме това число с размерите на мъглявината в астрономически единици и получаваме, че те са 0.54×0.48 светлинни години. Като имаме предвид неголямата точност на нашите измервания и размитите очертания на мъглявината, можем да оценим приблизително, че нейният размер е 0.5 светлинни години.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За измервания върху изображението и определяне на мащаба – 3 т.

За пресмятане на разстоянието между двете звезди – 3 т.

За измерване на размерите на мъглявината – 2 т.

За определяне на размерите на мъглявината в астрономически единици – 1 т.

За пресмятане на размерите на мъглявината в светлинни години – 3 т.

4 задача. Комета. Снимката, която ви е дадена, е получена чрез наслагване на кадри, на които е фотографирана кометата PanSTARRS (C/2017 T2) в три последователни положения през януари 2020 г. Показано е движението на кометата на фона на звездите. Близо до нея се вижда двойният звезден куп χ и η Персей.



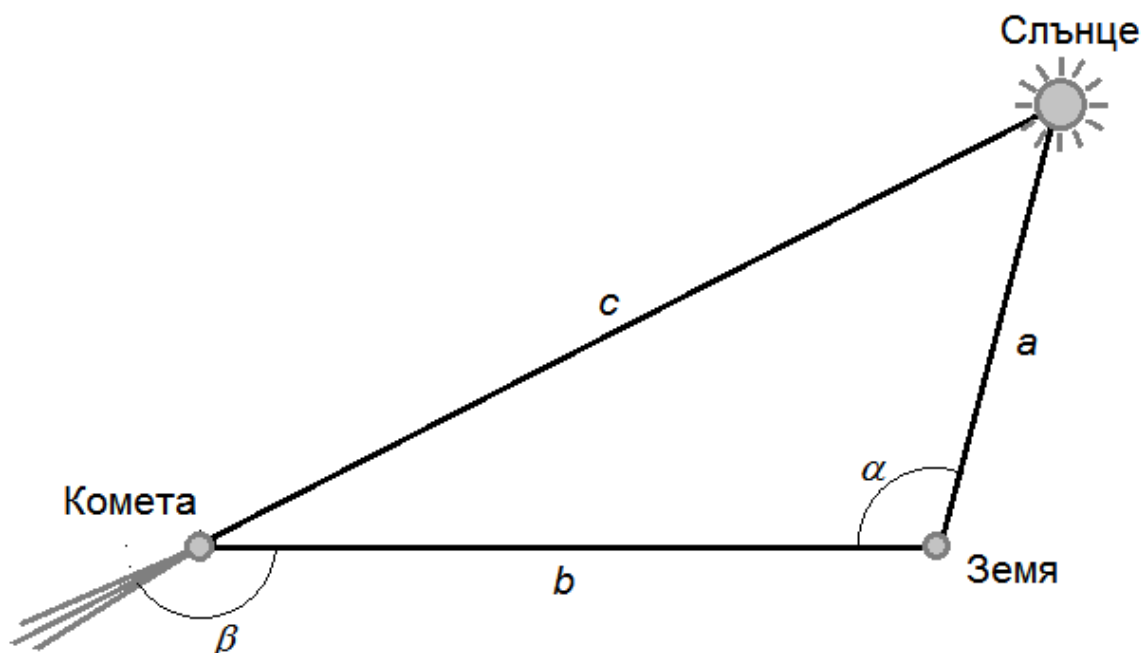
Да наречем светлинна минута разстоянието, което светлината изминава за една минута. В момента, когато кометата се е намирала в най-дясното от трите положения на снимката, тя е била на 13 светлинни минути от Земята. Приемаме, че Слънцето е на 8 светлинни минути от нас. Видимото ъглово разстояние от кометата до Слънцето е било 105° .

- А) Като използвате подходящ мащаб, начертайте схема, изобразяваща взаимното разположение на Земята, кометата и Слънцето. Чрез измерване по схемата определете на какво разстояние е била кометата от Слънцето в светлинни минути.

- Б) Накъде е насочена кометната опашка? Отбележете посоката върху схемата. Определете ъгъла между кометната опашка и отсечката Земя – комета (използвайте транспортир).

Решение:

Най-лесно е да изберем мащаб, при който 1 светлинна минута е равна на 1 см. Начертаваме триъгълник със страни $a = 8$ см, $b = 13$ см и ъгъл между тях $\alpha = 105^\circ$. Измерваме третата страна и получаваме $c = 16.9$ см. Следователно разстоянието от кометата до Слънцето е 16.9 светлинни минути.



Кометната опашка се получава от газовете и праховите частици, които се отделят от кометното ядро и се движат под действие на светлинното налягане на слънчевото лъчение. Затова опашката е насочена в посока обратна на посоката към Слънцето. Измерваме ъгъла между отсечката Земя – комета и кометната опашка и получаваме $\beta = 153^\circ$.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилно начертаване на схемата с използване на мащаб – 4 т.

За измерване и получаване на разстоянието комета – Слънце – 2 т.

За начертаване на кометната опашка и обяснение – 4 т.

За измерване на ъгъла между отсечката Земя – комета и опашката – 2 т.

5 задача. Три планети. Планетите от нашата Слънчева система се движат по орбити, които лежат почти в една и съща равнина. Напоследък обаче, с откриването на множество планети около други звезди се оказва, че не при всички планетни системи е така.

Да си представим три планети, обикалящи около далечна звезда. По реда на отдалечаването им от звездата ще обозначим тези планети с А, В и С. Техните орбитални периоди са равни съответно на 1, 7 и 21 земни години. Орбитите на най-вътрешната планета А и най-външната планета С лежат в една и съща равнина и тези планети се движат около звездата в една и съща посока. Орбитата на средната планета В е перпендикулярна на орбиталната равнина на планетите А и С.

- А) В даден момент планетите В и С са едновременно в опозиция за наблюдател от планетата А. Нарисувайте схема, изобразяваща трите планети в това положение, както и техните орбити.

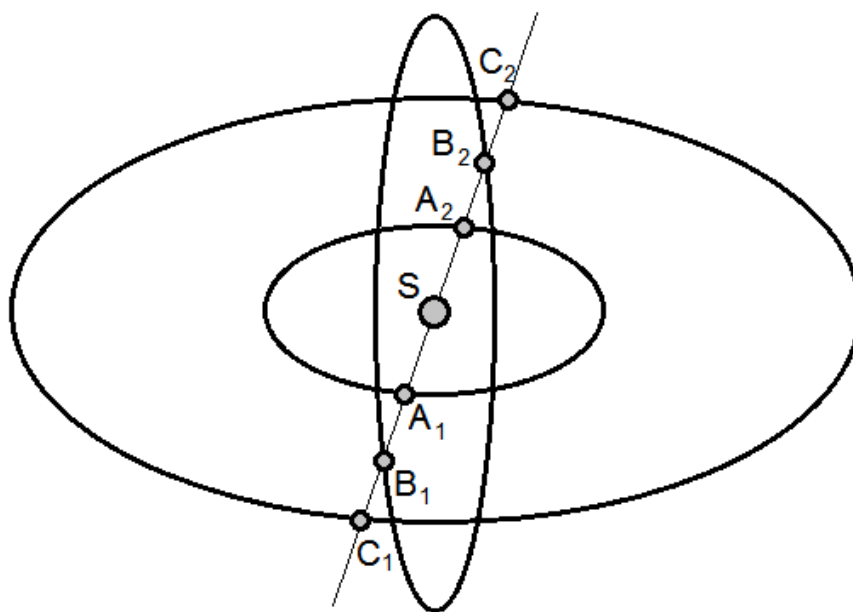
- Б) След колко време отново планетите В и С ще са едновременно в опозиция за наблюдател от планетата А?

Решение:

Начертаваме схемата с орбитите на трите планети. Приемаме, че орбитите са кръгови. Ако планетите В и С са едновременно в опозиция за наблюдател от планетата А, то следва, че трите планети лежат на една права линия и са от една и съща страна на звездата S. При дадената ориентация на орбитите в пространството има само две възможности за такова разположение. Първата възможност е, когато

планетите са в точките A_1 , B_1 и C_1 , а втората – когато планетите са в точките A_2 , B_2 и C_2 . Нека първоначално планетите да са в точките A_1 , B_1 и C_1 . Това взаимно разположение очевидно може да се повтори след време, равно на орбиталния период на планетата C – 21 години. За същото време планетата A ще направи 21 обиколки около звездата, а планетата B ще направи $21 / 7 = 3$ обиколки.

Планетите B и C могат да бъдат едновременно в опозиция за наблюдател от планетата A също и ако са в положения A_2 , B_2 и C_2 . Това може да се случи след време, равно на половината от орбиталния период на планетата C – $21 / 2 = 10.5$ години. За такъв интервал от време планетата A ще направи 10 и половина обиколки около звездата. Планетата B ще направи 1.5 обиколки, понеже 10.5 години са равни на 7 години плюс 3.5 години, или 1.5 нейни орбитални периоди.



Оттук заключаваме, че най-близкият момент, в който отново планетите B и C ще бъдат в опозиция за наблюдател от планетата A , ще бъде 10.5 години след първоначалния момент, когато планетите са в подобно взаимно разположение.

Необходимо е да отбележим, че в действителност при формирането на планетни системи около звезди такова разположение на планетите трудно може да се получи или ако наистина се реализира нещо подобно, то планетните орбити не биха били кръгови.

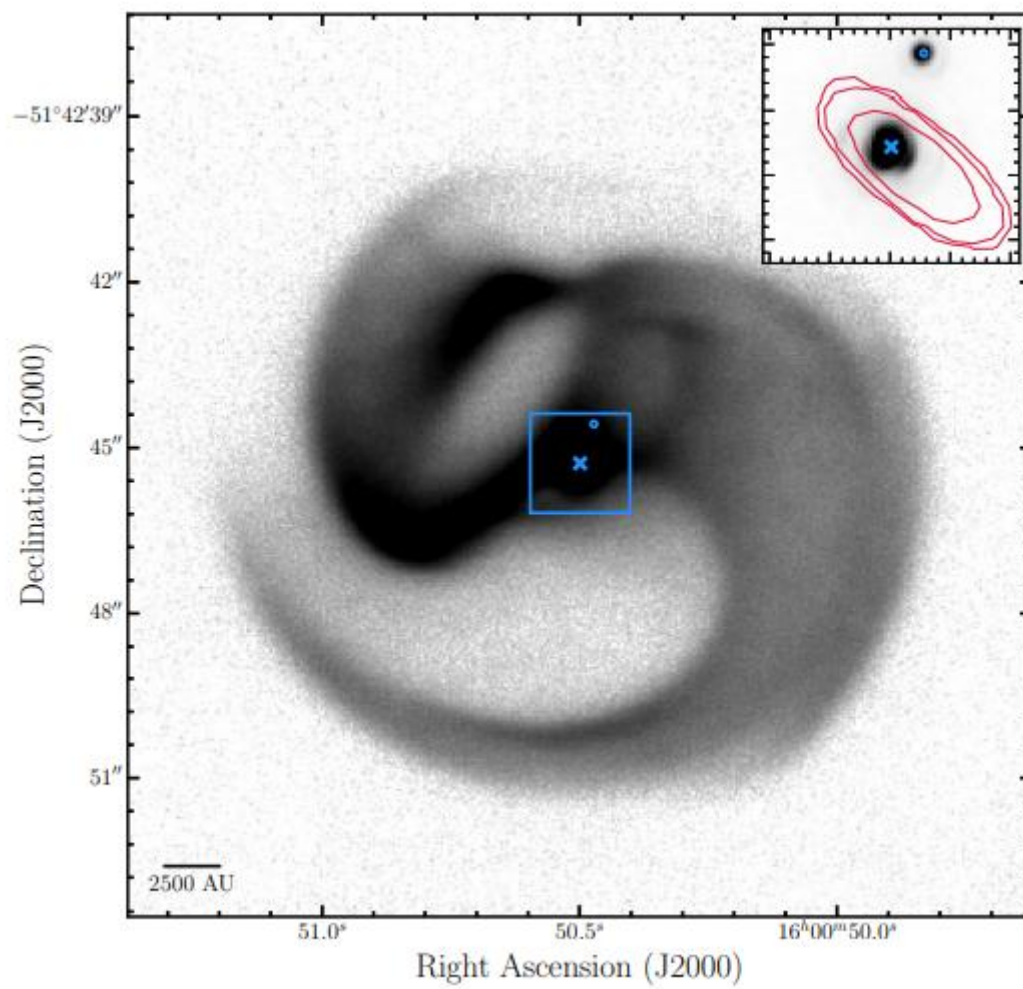
Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилно представяне на схемата с първоначалното разположение на трите планети – 5 т.

За правилен метод за определяне на момента на следващото подобно разположение – 6 т.

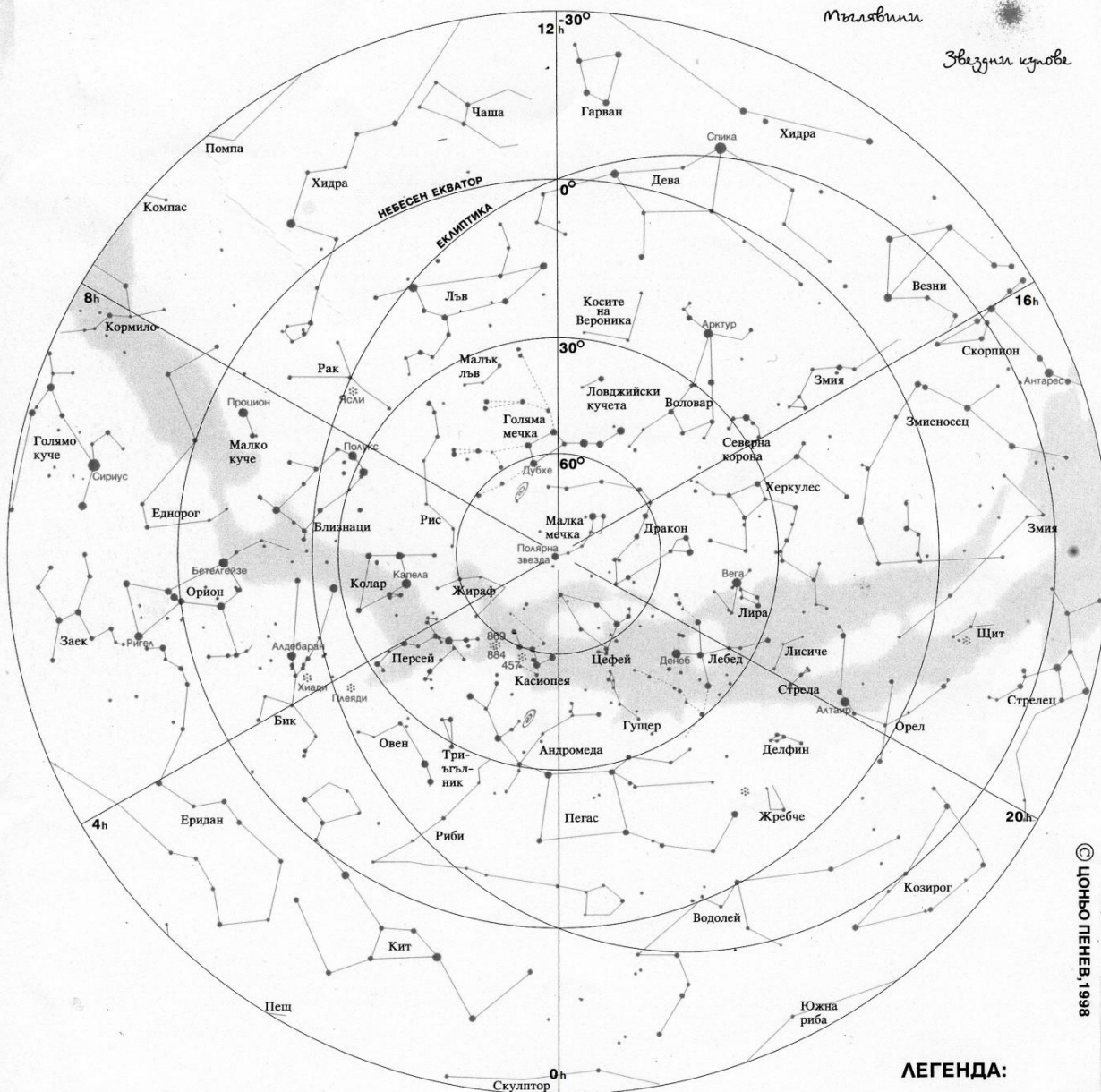
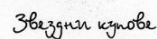
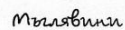
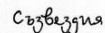
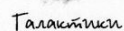
За верен краен резултат – 1 т.

Ако участникът е посочил интервал от време до следващото подобно разположение на планетите, равен на 21 години, то за подусловие Б следва да му се присъдят 3 т.



Звездната система Апеп – към 3 задача.

НА СЕВЕРНОТО НЕБЕ



© ЦОНЬО ПЕНЕВ, 1998

- по-ярък от 1-ва зв. величина
- II-ра зв. величина
- IV-та зв. величина

- звезда
- 🌀 галактика
- ✧ звезден куп
- ☁ мъглявина