



МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА
ПО АСТРОНОМИЯ

XXIV НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

<http://astro-olymp.org>

III кръг, 7 май 2022 г.

Ученици от 11-12 клас

1 задача. Извънземен сигнал. През 2032 г. по случай 70-тата годишнина от откриването на астрономическата обсерватория в град Димитровград, в двора на обсерваторията се монтира голям радиотелескоп. Скоро с него се улавя съобщение от извънземна цивилизация, живееща на непозната екзопланета.

- **А)** В съобщението се съдържат изображения на звездни карти. От тях кръжочниците в обсерваторията разбират, че за обитателите на северното полукълбо на планетата звездата Регул (с наши екваториални координати $\alpha = 10^h 09^m$, $\delta = 11^\circ 52'$) се използва като полярна звезда, а за жителите на южното полукълбо полярна звезда е Алнаир (с наши екваториални координати $\alpha = 22^h 09^m$, $\delta = -46^\circ 51'$). Нашето Слънце лежи на небесния екватор за тази планета. Определете приблизително разстоянието от нас до планетата. Разстоянието от нас до звездата Регул е 79.3 светлинни години, а до Алнаир – 101 светлинни години.

- **Б)** Да си представим друга планета, движеща се по кръгова орбита с радиус 0.05 au около някаква звезда. Звездата е червено джудже с радиус 0.15 части от слънчевия радиус и се намира на 40 светлинни години от нас. Нека отново полярната звезда за северното полукълбо на планетата е Регул, но не е известно къде е южният небесен полюс. Екваторът на планетата лежи в нейната орбитална равнина. Опишете приблизително областта от небесната сфера, в която може да се намира звездата, така че да наблюдаваме пасажи на планетата по нейния диск. Приемаме, че пасажът може да се забележи от момента, когато центърът на планетата пресича границата на видимия диск на звездата.

- **В)** А сега нека екваториалната равнина на планетата да сключва ъгъл 20° с равнината на нейната орбита около червеното джудже, но посоката на наклона е неизвестна. Как бихте описали областта от небесната сфера, в която може да се намира звездата, така че да има вероятност да се види пасаж на планетата?

2 задача. Поглед в миналото. Когато гледаме звездите, всъщност ги виждаме в миналото, тъй като е нужно време на светлината да измине разстоянието от тях до нас. Но дали звездите се променят осезаемо за това време?

В приложението след условията на задачите е дадена диаграма на Херцшпрунг-Ръсел с еволюционни трекове на звезди с различни маси (от 0.5 до 15 слънчеви маси). Близко до всяка означена точка е дадена възрастта на звездата в години, при която тя минава през тази точка. Приемете, че между всеки две съседни обозначени точки звездите се движат равномерно по така нарисуваните трекове.

- **А)** Наблюдаваме с просто око звезда с 15 слънчеви маси. Тя изглежда синьо-бяла (спектрален клас В) и на възраст 11.1 милиона години. Каква е температурата на звездата, както я виждаме? Каква е минималната възможна действителна температура на звездата в същия този момент?

- **Б)** Представете си звезда с маса 15 слънчеви маси, която всъщност в момента е оранжева (спектрален клас К), въпреки че ние я наблюдаваме с телескоп синьо-бяла

(спектрален клас В). Покажете, че не е възможно тази звезда да е в Млечния път. В кои галактики може да бъде тя (избройте две възможни галактики)?

- В) Звездата Каф (β Cas) има фотосферна температура 7080 K и радиус 3.5 слънчеви радиуса. Определете масата на Каф в слънчеви маси. Оценете възрастта на Каф.
- Г) Пресметнете приблизително скоростта на разширение, която ще достигне повърхността на Слънцето при превръщането му в червен гигант след около 6 милиарда години.

3 задача. Промяна на орбитата. Изстреляна е космическа обсерватория с маса 20 тона на кръгова орбита с височина 420 км. Орбитата сключва ъгъл с равнината на екватора $i_0 = 50^\circ$. След време се оказва, че някои от уредите на обсерваторията може да се използват за наблюдение на Земята. Затова е взето решение да се промени наклонът на орбитата така, че да може да се наблюдава цялата земна повърхност. При това не се променят другите параметри на орбитата.

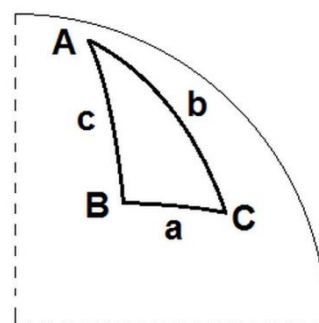
• А) В кой момент корекцията на орбитата ще изисква по-малък единичен допълнителен импулс – когато обсерваторията преминава в най-близката до полюса точка от орбитата си или когато тя пресича равнината на земния екватор? Определете посоките и големините на импулсите, които следва да се предадат на апарата за да бъде извършена исканата смяна на орбитата.

• Б) Нека първоначалната орбита лежи в равнината на екватора и целта е обсерваторията да бъде прехвърлена на полярна орбита. Това може да стане с една корекция. Каква е посоката и големината на необходимия добавъчен импулс? Сравнете го с големината на допълнителния импулс, необходим за придобиване на втора космическа скорост.

• В) Възможно ли е преминаването към полярната орбита да стане по съществено по-икономичен начин, макар и с повече от една корекция на орбитата и с по-голям разход на време? Ако е възможно, то опишете метода и определете колко по-икономичен е той. Под „по-икономичен“ се има предвид „с по-малък сумарен (ако корекциите са повече от една) допълнителен импулс“.

В сферичен триъгълник може да се формулира „синусова теорема“. Тя е същата както в триъгълник лежащ в равнина, но дължините на страните на триъгълника и неговите ъгли са дадени в еднакви ъглови единици.

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$



Не отчитайте влиянието на трети тела.

4 задача. Бели джуджета. Крайно нетърпелив астроном от град Бургас обича да изучава само космически обекти, при които се наблюдават възможно най-бързи промени. Любим предмет на неговите изследвания е двойната система ZTF J153932.16+502738.8, състояща се от две бели джуджета. Те се движат около общия си център на масите с

рекордно краткия период от 6.91 минути. Орбиталната равнина на системата сключва ъгъл само 5.85° със зрителния лъч от Земята и системата се наблюдава като затъмнително двойна звезда. Ето някои данни за компонентите:

	Маса (в слънчеви маси)	Радиус (в слънчеви радиуси)	Температура
Компонента 1	0.610	1.562×10^{-2}	48 900 К
Компонента 2	0.210	3.140×10^{-2}	---

Температурата на втората компонента не е определена точно. Известно е само, че тя е много по-хладна от първата компонента.

- **А)** В приложението след условията на задачите са ви дадени кривите на лъчевите скорости на звездите. Направете необходимите измервания по тях и определете разстоянието между двете компоненти.

- **Б)** Използвайте данните от таблицата и определете дали от Земята се наблюдават пълни или частични затъмнения на двете компоненти. Обосновайте вашето заключение чрез пресмятания и подходяща схема.

- **В)** Дадена ви е също и крива на блясъка на системата. Като имате предвид параметрите на звездите, обяснете защо участъците от кривата, които са между главните и вторичните минимума, не са хоризонтални.

Г) По кривата на блясъка бургаският астроном е определил отношението k на радиуса на първата компонента към радиуса на втората компонента. Като сравнил получения резултат с данните от таблицата, той бил твърде озадачен. Опитайте се и вие да повторите това изследване и дайте подходящо обяснение. Приемете, че малко преди вторичния минимум, когато до нас достига цялата светлина и от двете звезди, техният сумарен блясък се равнява на 1 в условните единици на дадената скала на светлинния поток.

Справочни данни:

Радиус на Слънцето 696 000 km.

Температура на Слънцето 5772 К

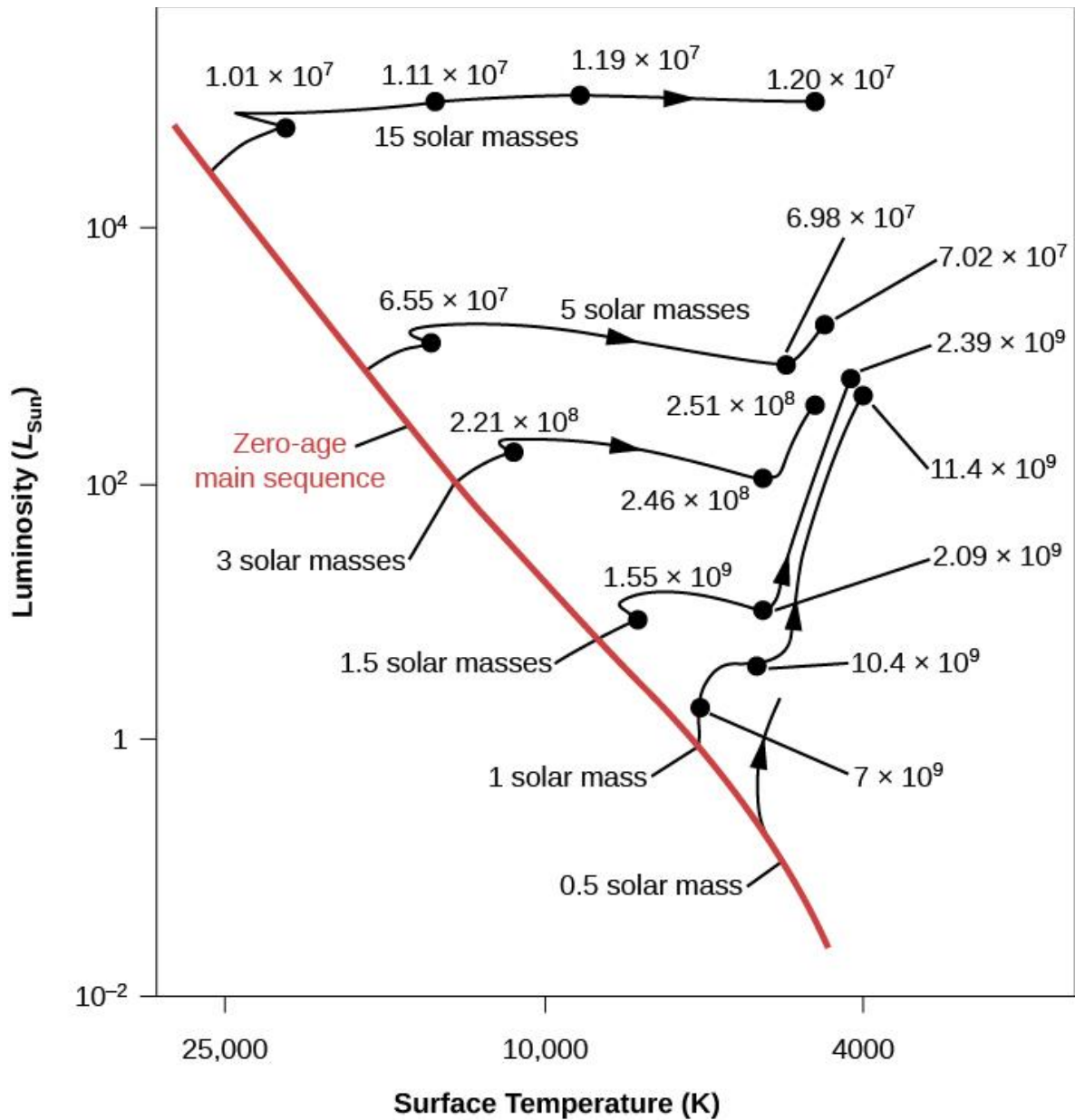
Астрономическа единица 1 au = 149.6×10^6 km

Приемете, че Земята е кълбо с радиус – 6371 km

Маса на Земята – 6×10^{24} kg

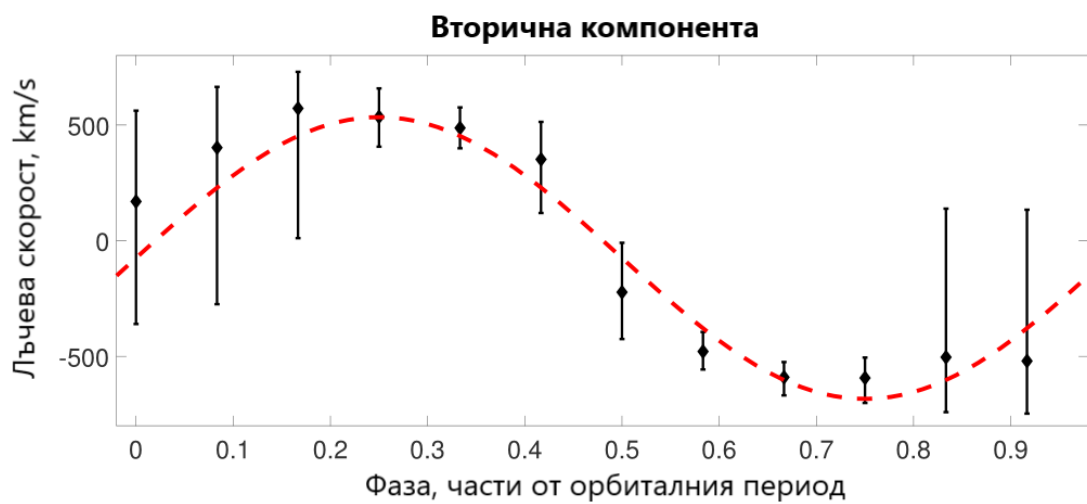
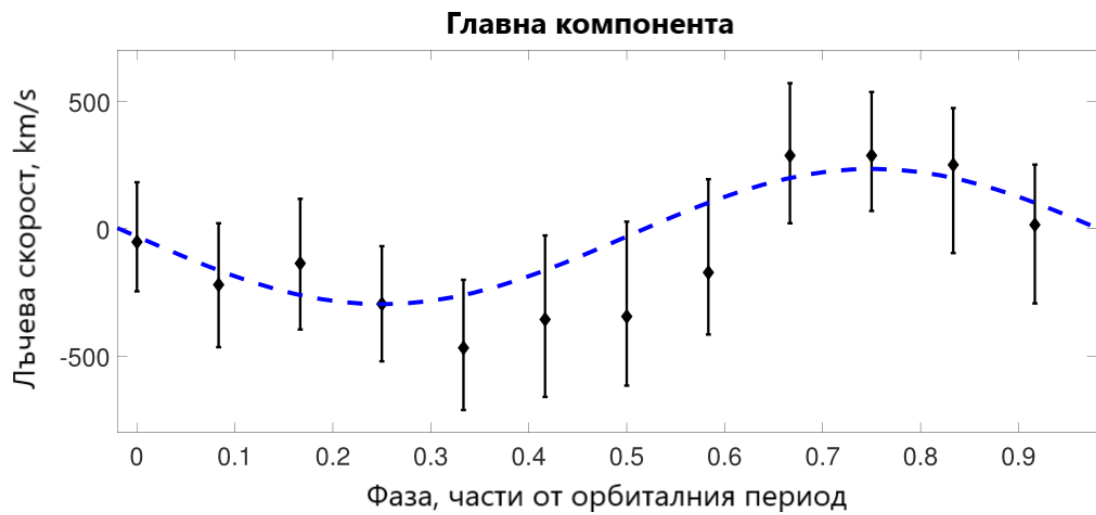
Гравитационна константа 6.67×10^{-11} m³/kg.s²

Абсолютна звездна величина на Слънцето 4.74^m



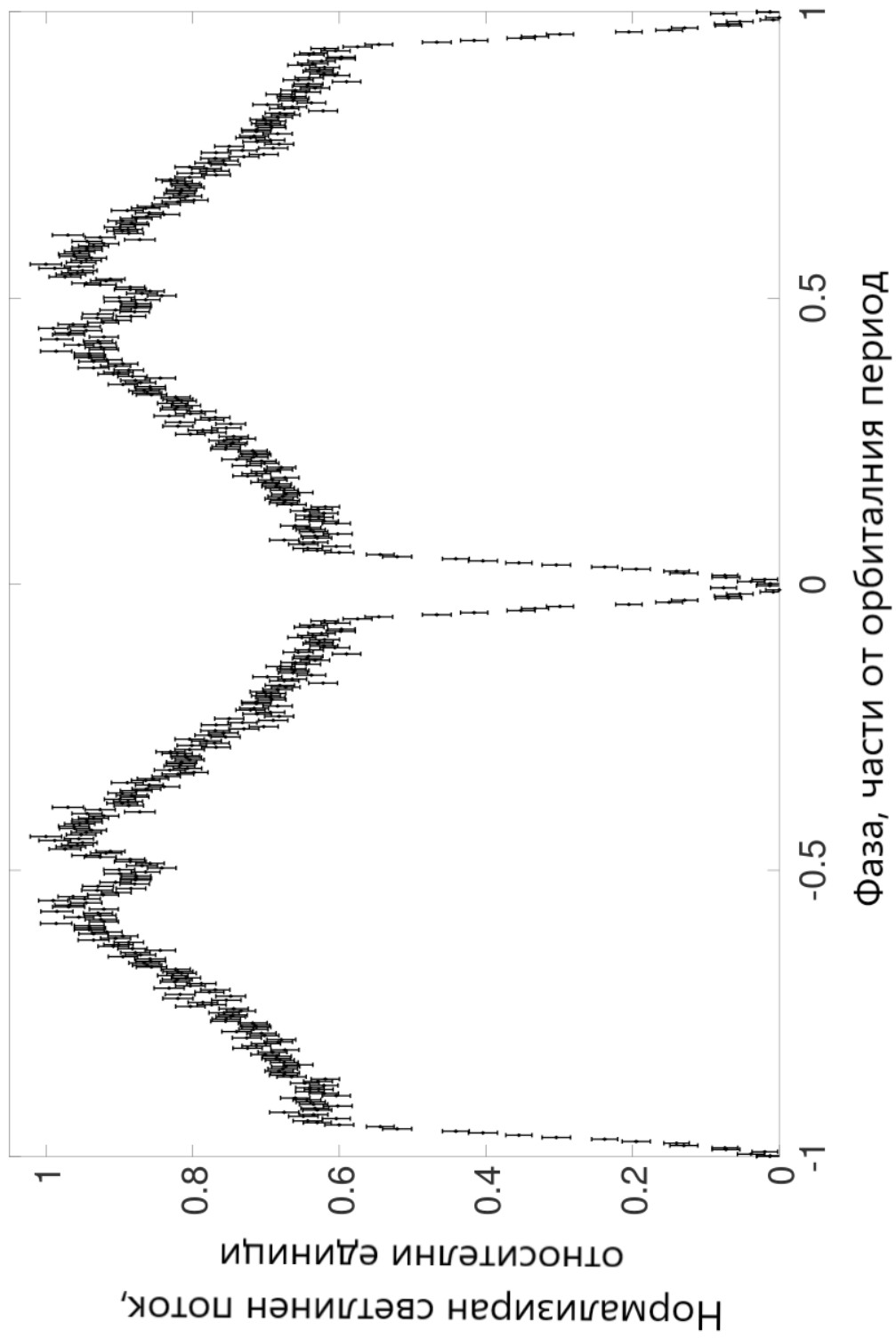
Диаграма на Херцшпрунг-Ръсел с еволюционни трекове на звезди с различни маси. По хоризонталната ос е нанесена температурата на звездите, а по вертикалната ос – тяхната светимост в единици слънчеви светимости.

Предайте този лист заедно с вашите решения на задачите!



Криви на лъчевите скорости на компонентите в системата ZTF J153932.16+502738.8.

Предайте този лист заедно с вашите решения на задачите!



Крива на блясъка на затъмнително двойната система ZTF J153932.16+502738.8.

Предайте този лист заедно с вашите решения на задачите!