

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

Подборен кръг, 9 юли 2024 г., Варна, теоретичен тур

Старша възраст

Задача 1. Изгрев на астероид. Астероид с размер $D = 3 \text{ km}$ се движи по елиптична орбита около Слънцето. Голямата полуос на орбитата му е $a = 51 \text{ au}$, а нейният ексцентрицитет е $e = 0.98$. Намерете продължителността на изгрева за наблюдател на земния екватор на този астероид по време на равноденствие, ако астероидът се намира в перихелий и едновременно с това е в опозиция спрямо Земята. Разгледайте двата случая, в които орбитата на астероида се намира в равнината на земната орбита и когато тя лежи в равнина перпендикулярна на орбитата на нашата планета. [15 т.]

Справочни данни:

Гравитационна константа – $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$

Маса на Слънцето – $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Астрономическа единица – $r_E = 1.496 \times 10^{11} \text{ m}$

Наклон на земната ос – $\varepsilon = 23^{\circ}26'$

Задача 2. Тройна система. От Земята се наблюдава тройна звезда. Системата е стабилна – траекториите на трите компоненти са периодични. Отчита се, че за една от компонентите усреднената по времето стойност на червеното отместване е нула. Също се забелязва, че сборът от червените отмествания на трите компоненти във всеки един момент е нула, но никога и трите нямат червено отместване нула едновременно.

- А) С тази информация покажете, че трите компоненти имат равни маси. [5 т.]

За цивилизацията на светещите Ярославиди тройната звезда е на разстояние само 1 парсек. За тях вече е известно, че компонентите се движат в една и съща равнина, перпендикулярна на зрителния лъч. Докато наблюдава поредния квазар, радиоастрономът Теодора Желязкова регистрира ... зашифровано послание от Ярославидите! След много работа, Теодора го декодира, получавайки изображение на тройната звезда. Радиоастрономът веднага съобразява какво показва изображението и бърза да го отрази в научна статия.

- Б) Каква форма ще имат траекториите на компонентите след запечатания на изображението момент? Дайте само обоснован качествен отговор. Използвайки данните дотук, намерете долна граница за масите на компонентите, изразена в слънчеви маси. [5 т.]
- В) Ако е известно също, че периодът на системата е 1.9 дни, каква точна стойност за масите на компонентите трябва да се публикува в статията? [5 т.]

Указание: Стойностите за червеното отместване винаги са коригирани за орбиталното движение на Земята. Синьото отместване може да се разглежда като червено отместване z с отрицателен знак, например $z = -0.01$.

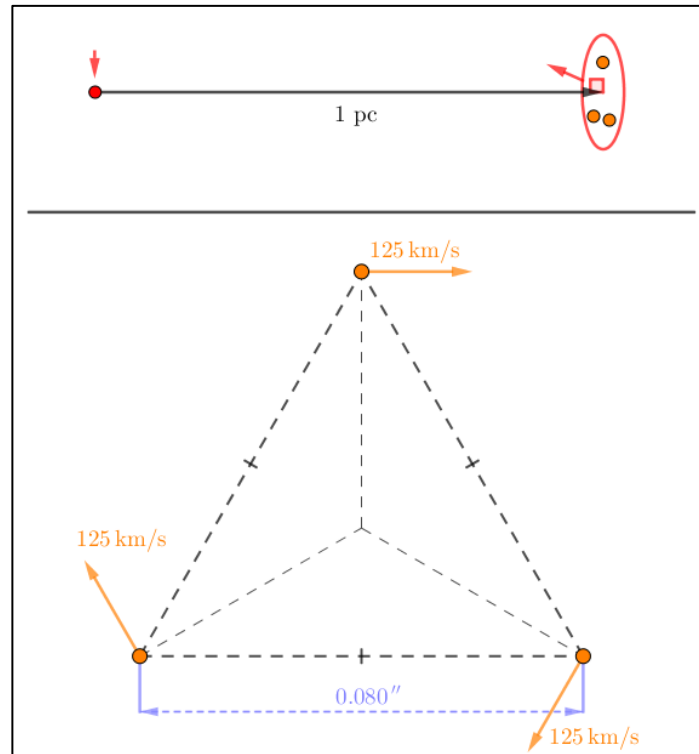
Справочни данни:

Гравитационна константа – $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$

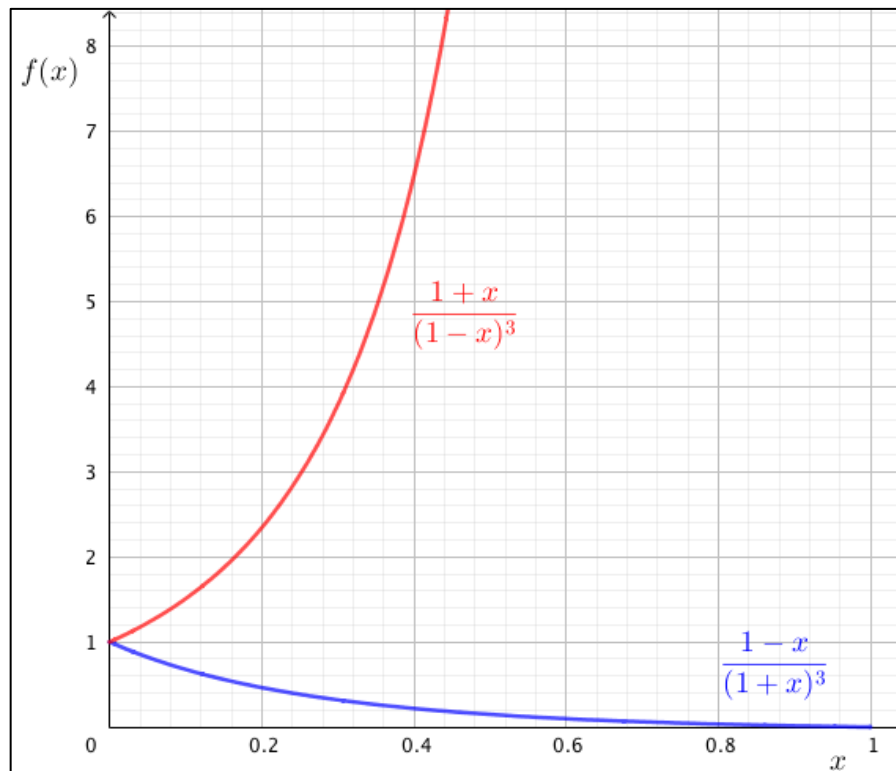
Маса на Слънцето – $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Астрономическа единица – $r_E = 1.496 \times 10^{11} \text{ m}$

Послание от Ярославидите:



Графики на някои функции:



Задача 3. Неразделена двойна звезда. Двойна звездна система се наблюдава като единичен точков обект, въпреки че разстоянието между компонентите е много по-голямо от радиусите им. Системата не може да бъде разделена в нито един филтър в оптичния диапазон, даже и с 2.4-метровия космически телескоп Хъбъл. В спектъра на точковия обект се разпознава, че вторичната компонента е звезда от спектрален клас G. И двете компоненти са звезди от Главната последователност. Светимостта на системата е 11.6 слънчеви светимости, а паралаксът ѝ – 3.9 mas.

- А) Определете масата на системата. Посочете точността на вашия отговор. За целите на задачата считайте, че в разглеждания интервал от маси на звезди от Главната последователност е в сила зависимост маса-светимост

$$L \propto M^{4.1}.$$

[3 т.]

- Б) Масата на системата не може да бъде определена директно със спектрограф, регистриращ скорости до 300 m/s. Какво можете да кажете за наклона на оста на системата спрямо зрителния лъч? [3 т.]
- В) След колко най-малко години системата ще се състои от две бели джуджета? [3 т.]
- Г) Каква би била звездната величина V на системата за наблюдател от галактика с червено отместване $z = 0.033$? Междувездната екстинкция да се пренебрегне. [3 т.]
- Д) Ако звездната величина B на системата за наблюдател от Земята е $B = 13.35$, то звездите от кой спектрален клас (с подклас) имат същия $B - V$ цетови индекс като наблюдавания от Земята за тази система? [3 т.]

Използвайте дадената по-долу таблица и следните зависимости:

$$R \propto M^{0.8},$$

където R и M са съответно радиус и маса на звезди от Главната последователност;

$$A_V = 3.1E(B - V)$$

където A_V е междувездна екстинкция във филтър V , а $E(B - V)$ е цетови ексцес (почервяване) на $B - V$ индекса поради селективно поглъщане.

Спектрален клас	$B - V$	T	BC_V
O5V	-0.33	42000	-4.0
B0V	-0.30	30000	-2.8
A0V	-0.02	9800	-0.40
F0V	0.30	7300	-0.06
G0V	0.58	6000	-0.03
K0V	0.81	5100	-0.24
M0V	1.40	3800	-1.21

Справочни данни:

Абсолютна болометрична звездна величина на Слънцето – $M_{BOL} = 4^m.74$

Радиус на Слънцето – $R_S = 696\,000\text{ km}$

Фотосферна температура на Слънцето – $T_S = 5\,770\text{ K}$

Слънчева маса – $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30}\text{ kg}$

Константа на Хъбъл – $H = 70\text{ (km/s)/Mpc}$

Задача 4. Астрометрия. През 2045 г. именитият български астроном Красимир Станков иска да изследва далечна звезда за проект със своите докторанти. Той подава заявка за наблюдателно време на новия 4-метров телескоп на НАО Рожен. Комисията за разпределение, ръководена от проф. Валентин Митев, му отпуска време в три наблюдателни нощи през интервали от точно четвърт година една от друга. При всяко наблюдение Красимир отчита екваториалните координати на звездата и изследва нейния спектър. Приведени са част от резултатите му.

	ректасцензия	деклинация
нощ 1	$\alpha_{1A} = 17^{\text{h}}58^{\text{m}}26^{\text{s}}.654105$	$\delta_{1A} = +67^{\circ}04'30''.92513$
нощ 2	$\alpha_{2A} = \alpha_{1A} - 0^{\text{s}}.000598$	$\delta_{2A} = \delta_{1A} + 0''.00106$
нощ 3	$\alpha_{3A} = \alpha_{1A} - 0^{\text{s}}.000583$	$\delta_{3A} = \delta_{1A} - 0''.00147$

Красимир изпраща своите данни до колегата си (теоретик) Раян Камаринчев с молба да му помогне в определянето на някои параметри. Раян е озадачен, че Красимир не му е изпратил точните дати на наблюденията. Той пробва да му се обади, но не получава отговор. Раян ще трябва да се справи сам.

- А) Намерете датата на първото наблюдение с точност до един ден.
- Б) Намерете разстоянието до звездата. **[общо 15 т.]**

Указание: Екваториалните координати се измерват спрямо астрометрични стандарти и не се влияят от аберацията на светлината.

Справочни данни:

Момент на лятно слънцестоене през 2045 г. – 21.06., 22:33 UT