



Пробная работа уровня регионального этапа

10 и 9 классы

Ноябрь 2021

Данный комплект посвящен звезде Сириус. Основные справочные данные про эту двойную звезду.

Звезда	Сириус А	Сириус Б
Спектральный класс	$A1V$	$DA2$
Масса	$2.06 M_{\odot}$	-
Температура	9 940 К	25 300 К
Звездная величина	-1.46^m	8.44^m
Показатель цвета $B - V$	$+0.00^m$	-0.03^m
Показатель цвета $U - B$	-0.05^m	-1.04^m

Прямое восхождение	$6^h 45^m 08^s$
Склонение	$-16^{\circ} 42' 08''$
Видимая звездная величина	-1.46^m
Лучевая скорость	-5.5 км/с
Собственное движение	$1.330''$ /в год
Параллакс	$0.374''$

Комплект 10 класса

1. Сферка для 10ых

8 баллов

Определите в какой день года звезда Сириус кульминирует ровно в полночь по всемирному времени? На какой широте высота кульминации будет максимальной.

Примечание: Если вы претендуете на диплом всеросса этого года, то решите эту задачу для города Долгопрудный ($\lambda = 37.5^{\circ}$, часовой пояс $UTC + 3$)

Решение.

В простой формулировке. В день Зимнего СолнцеСтояния в полночь кульминируют звезды с $\alpha = 6^h 00^m$. Каждый день Солнце смещается на $3^m 56^s \approx 4^m$. Тогда искомая дата 01.01

Критерии оценивания	8
связь между α и α_{\odot}	3
Ежедневное смещение Солнца на 4 минуты	1
Нахождение разницы дней	1
Нахождение даты 01.01	2
Широта, где происходит в зените $-16^{\circ}42'08''$	1

2. Сириус Ab

8 баллов

Предположим, телескоп TESS обнаружил планету вокруг компоненты Сириус А. Про орбиту планеты известно, что угловой размер звезды в перицентре больше, чем угловой размер в апоцентре в три раза. Период обращения планеты составляет 0.5 года. Определите полуось и эксцентриситет орбиты планеты. Определите угол, под которым с планеты будут находиться направления на фокусы орбиты в момент, когда скорость планеты будет равна круговой скорости. Гравитационным влиянием второй звезды (белого карлика) пренебречь

Критерии оценивания	8
Определение эксцентриситета $e = 0.5$	3
Определение искомой точки на малой полуоси эллипса	2
Нахождение угла 60°	3

3. И все-таки, она движется

8 баллов

Определите, когда звездная величина Сириуса А станет положительной? Какая будет минимальная лучевая геоцентрическая скорость в момент максимальной яркости Сириуса?

Решение.

Первый этап задачи является классической задачей на собственное движение звезд. Разбирать его смысла я не вижу. А вот вторая часть задачи звучит интереснее. Когда яркость максимальна, то звезда находится на минимальном расстоянии, и лучевой скорости относительно Солнца нет, она равна нулю.

Но в условии нас просят найти геоцентрическую скорость, значит надо учесть скорость движения Земли вокруг Солнца. Когда Земля движется в направлении на Сириус, то скорость будет минимальной. Для корректного учета, мы еще должны умножить на фактор $\cos \beta$

Критерии оценивания **8**

Определение трансверсальной скорости 16.85 км/с.....	1
Определение полной скорости 17.73 км/с	1
Определение расстояния, когда $m = 0^m$	1
Определение расстояния, которое должен пройти Сириус.....	1
Определение времени, которое должен пройти Сириус 300 000 лет..	1
максимальная яркость при r_{min} и $v_r = 0$ (гелиоцент.)	1
Учет скорости земли вокруг Солнца.....	1
учет эклиптической широты Сириуса -23 км/с	1

4. Далекое прошлое**8 баллов**

Сейчас второй компонент двойной системы Сириус В является белым карликом. При помощи «времени остывания» белого карлика ученым определили его возраст — 125 миллионов лет. Определите суммарный блеск двойной системы в момент образования двойной системы (250 миллионов лет назад). Масса второй компоненты при образовании системы была 5.1 массы Солнца.

Примечание: Если вы претендуете на диплом всеросса этого года, то решите эту задачу с учетом результата предыдущей задачи. Если вам кажется это сложно, то считайте, что расстояние не меняется.

Критерии оценивания**8**

Используя зависимость масса-светимость определить $L_2 = 300L_{\odot}$...	3
Определение абс. звездной величины $M = -1.4^m$	2
Определение суммарной видимой звездной величины -4.3^m (без учета удаления)	3

5. Телескоп на аве, ноль за теор в кармане**8 баллов**

Перед вами стоит задача провести визуальные наблюдения за двойной системой Сириус. У вас есть следующий выбор из телескопов.

- $D = 5$ см, относительное отверстие $f/5$
- $D = 10$ см, относительное отверстие $f/3.5$
- $D = 20$ см, фокусное расстояние $F = 1$ метр

И набор окуляров с фокусными расстояниями 20 мм и 6 мм.

Определите, какими телескопами и с какими окулярами можно будет увидеть обе компоненты даже при минимальном сближении ($2.2''$). Атмосфера позволяет получить качество изображения $1''$. Разрешающую способность глаза считать равной $2'$. Объясните каждый свой выбор. Эффектами, связанными с большой разницей звездных величин, пренебречь.

Решение.

Разрешающая способность телескопа.

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$$

Подставим числа и поймем, что первый телескоп нам не подходит. (2.8", 1.4" и 0.7". Первое больше, чем угловой размер системы)

Разрешающую способность за счет увеличения системы можно записать

$$\Gamma = \frac{2'}{\theta_{sys}}$$

$$\theta_{21} = \frac{120''}{17.5} = 6.85''$$

С таким окуляром систему разрешить глазом не получится.

$$\theta_{22} = \frac{120''}{58} = 2.1''$$

Здесь на пределе возможности.

$$\theta_{31} = \frac{120''}{50} = 2.4''$$

С этим окуляром увидеть не получится.

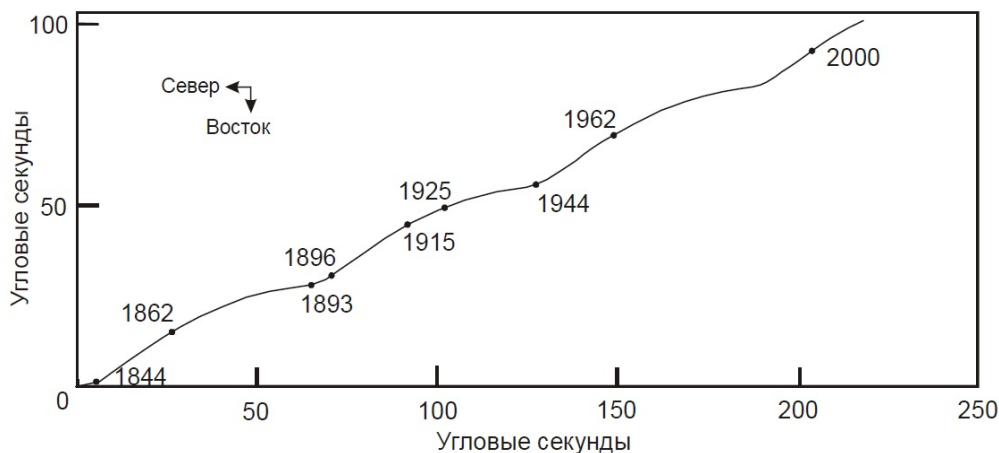
$$\theta_{32} = \frac{120''}{167} = 0.8''$$

Здесь мы будем видеть систему.

Критерии оценивания	8
Определение разрешающей способности для каждого телескопа	3
Определение максимальных угловых разрешений с окулярами	3
Выводы	2

6. Каникулярный прак 10 баллов

На рисунке показано перемещение ярчайшей звезды ночного неба Сириус среди далеких звезд с момента начала наблюдений (годовые параллактические колебания вычтены). На рисунке заметен эффект наличия спутника этой звезды. Оцените массу этого спутника, считая ее существенно меньшей массы самого Сириуса, а орбиту – лежащей в плоскости рисунка.



Решение.

Эта задача была на регионе 2016 года, можете прочитать подробный разбор там.

Критерии оценивания 8

Определение большой полуоси из картинки	3
Определение периода	3
Определение суммарной массы	2
Определение массы белого карлика	2

Комплект 9го класса

7. Сферка 1

8 баллов

Зенитное расстояние в верхней кульминации Сириуса равно модулю высоты нижней кульминации звезды. Определите на каких широтах это могло происходить. Рефракцией звезды пренебречь.

Решение.

Самый простой способ решения этой задачи - геометрический. Вы рисуете два случая верхней кульминации (к югу и к северу от зенита). И два случая нижней кульминации. Заметим, что не для симметричных пар, разница высот остается равной 90° , что возможно только при склонения $\pm 45^\circ$, что невозможно для Сириуса. Остаются два симметричных решения с $\varphi = \pm 45^\circ$

Но вы можете решать задачу алгебраически, аккуратно раскрывая все модули и вычеркивая невозможные решения.

Критерии оценивания 8

Определение возможных случаев кульминации	2
Определение невозможных сценариев	3
Итоговый ответ	3
Отсутствие в ответе \pm	-2

8. Утонет или нет?

8 баллов

Определите плотность Сириуса А, если вам известны его видимая звездная величина, параллакс и температура.

Критерии оценивания

8

Определение абсолютной звездной величины.....	1
Определение светимости звезды.....	2
Определение массы из зависимости масса-светимость.....	2
Определение радиуса из закона Стефана-Больцмана.....	2
Итоговый ответ 725 кг/м^3	1

9. Сириус Ab

8 баллов

Предположим, телескоп TESS обнаружил планету вокруг компоненты Сириус А. Про орбиту планеты известно, что угловой размер звезды в перигеии больше, чем угловой размер в афегии в три раза. Период обращения планеты составляет 0.5 года. Определите полуось и эксцентриситет орбиты планеты. Определите угол, под которым с планеты будут находиться направления на фокусы орбиты в момент, когда скорость планеты будет равна круговой скорости. Гравитационным влиянием второй звезды (белого карлика) пренебречь

Критерии оценивания

8

Определение эксцентриситета $e = 0.5$	3
Определение искомой точки на малой полуоси эллипса	2
Нахождение угла 60°	3

10. Притяжение Сириуса

8 баллов

В Солнечной системе случились небольшие потрясения, наклон орбит больших планет к плоскости эклиптики поменялся. Теперь планеты могут покрывать Сириус для земных наблюдателей. Определите для какой из планет солнечной системы будет минимальный наклон плоскости орбиты к эклиптике и чему он будет равен?. Эклиптическая широта Сириуса -39.5°

Решение.

На первом шаге находим/оцениваем эклиптическую широту Сириуса (насколько он ниже эклиптики) $\approx 40^\circ$.

Для минимальных наклонов, нам нужно, чтобы планета была как можно ближе к Земле. То есть рассматриваем Марс и Венеру

Для Марса (для Венеры аналогично) стоит записать теорему косинусов

$$\Delta^2 = (a_\odot(1 - e))^2 + a_\oplus^2 + 2a_\odot(1 - e)a_\oplus \cos(i)$$

, где Δ - расстояние между Землей и Марсом.

И теорему синусов

$$\frac{\Delta}{\sin i} = \frac{a_{\odot}(1-e)}{\sin \beta}$$

Отсюда находится i

У Марса угол наклона будет заметно меньше, чем угол наклона для Венеры.

Критерии оценивания

8

Определение или оценка эклиптической широты 1

Запись двух уравнений 4

Нахождение углов 2

Запись итогового ответа 1

Не учет эксцентриситета Марса -1

11. Телескоп на аве, ноль за теор в кармане

8 баллов

Перед вами стоит задача провести визуальные наблюдения за двойной системой Сириус. У вас есть следующий выбор из телескопов.

- $D = 5$ см, относительное отверстие $f/5$
- $D = 10$ см, относительное отверстие $f/3.5$
- $D = 20$ см, фокусное расстояние $F = 1$ метр

И набор окуляров с фокусными расстояниями 20 мм и 6 мм.

Определите, какими телескопами и с какими окулярами можно будет увидеть обе компоненты даже при минимальном сближении ($2.2''$). Атмосфера позволяет получить качество изображения $1''$. Разрешающую способность глаза считать равной $2'$. Объясните каждый свой выбор. Эффектами, связанными с большой разницей звездных величин, пренебречь.

Решение.

Разрешающая способность телескопа.

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$$

Подставим числа и поймем, что первый телескоп нам не подходит. ($2.8''$, $1.4''$ и $0.7''$. Первое больше, чем угловой размер системы)

Разрешающую способность за счет увеличения системы можно записать

$$\Gamma = \frac{2'}{\theta_{sys}}$$

$$\theta_{21} = \frac{120''}{17.5} = 6.85''$$

С таким окуляром систему разрешить глазом не получится.

$$\theta_{22} = \frac{120''}{58} = 2.1''$$

Здесь на пределе возможности.

$$\theta_{31} = \frac{120''}{50} = 2.4''$$

С этим окуляром увидеть не получится.

$$\theta_{32} = \frac{120''}{167} = 0.8''$$

Здесь мы будем видеть систему.

Критерии оценивания

8

Определение разрешающей способности для каждого телескопа 3

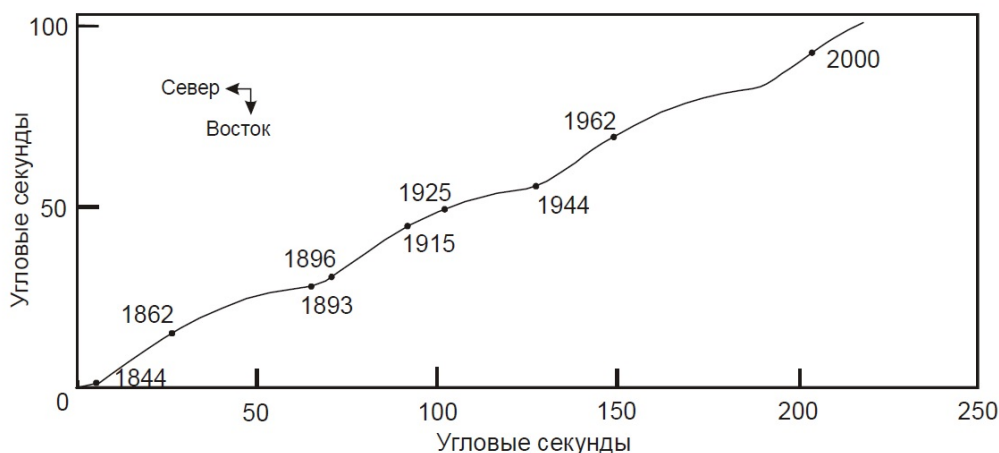
Определение максимальных угловых разрешений с окулярами 3

Выводы..... 2

12. Каникулярный прак

10 баллов

На рисунке показано перемещение ярчайшей звезды ночного неба Сириус среди далеких звезд с момента начала наблюдений (годовые параллактические колебания вычтены). На рисунке замечен эффект наличия спутника этой звезды. Оцените массу этого спутника, считая ее существенно меньшей массы самого Сириуса, а орбиту – лежащей в плоскости рисунка.



Решение.

Эта задача была на регионе 2016 года, можете прочитать подробный разбор там.

Критерии оценивания	8
Определение большой полуоси из картинки	3
Определение периода	3
Определение суммарной массы	2
Определение массы белого карлика	2