

Решения задач муниципального этапа
Всероссийской олимпиады по астрономии
2019-2020 учебного года
11 класс

1. Две звезды находятся на одинаковом от Земли расстоянии, но их видимый блеск отличается на 5 звездных величин. Оцените отношение их размеров, если известно, что одна звезда похожа на Солнце, а вторая – красный карлик? Температуру красного карлика можете взять приблизительно. Поглощением света пренебечь. (8 баллов)

Решение:

Так как расстояние до звезд одинаково, а блеск различается на 5 величин, абсолютные звездные величины также будут различаться на 5 величин (2 балла). Согласно формуле Погсона:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1} \Rightarrow$$

$$\frac{L_1}{L_2} = 2,512^{M_2 - M_1} \Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = 2,512^5 \approx 100 \text{ (2 балла)}$$

Светимость же выражается в виде:

$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$, т.е. зависит от размера звезды и ее температуры (1 балл). В условии дана звезда похожая на Солнце – температура порядка 6000К на поверхности, допускается 5500К – 6500К), а красный карлик имеет температуру 3000К на поверхности (допускается от 2200К до 4000К, так как не указан точный спектральный класс). Так как в условии поставлена задача оценить отношение размеров, возьмем самый удобный для вычислений вариант – 6000К и 3000К.

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{4\pi R_1^2 \sigma T_1^4}{4\pi R_2^2 \sigma T_2^4} = 100 \Rightarrow 100 = \frac{R_1^2 T_1^4}{R_2^2 T_2^4} \Rightarrow$$

$$100 = \frac{R_1^2 6000^4}{R_2^2 3000^4} \Rightarrow 100 = 16 \frac{R_1^2}{R_2^2} \Rightarrow$$

$$\frac{R_1^2}{R_2^2} = \frac{100}{16} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{100}{16}} = 2,5$$

За предположение о температурах – 2 балла, за верные вычисления – 1 балл. Такие красные карлики действительно существуют, по размерам и температуре близки к классу М3.

2. Искусственный спутник Земли обращается в плоскости экватора планеты с периодом в 10 раз меньшим, чем период обращения Земли вокруг оси. Определите, как часто подспутниковая точка (точка на поверхности планеты, из которой спутник в данный момент наблюдается в зените), имеет одинаковые географические координаты?

Решение:

Поскольку спутник обращается в плоскости экватора, широта подспутниковой точки не будет меняться со временем и всегда будет равна 0 (2 балла). Спутник обращается по орбите, поэтому вторая координата подспутниковой точки – долгота, будет зависеть от времени.

Полный период обращения Земли вокруг оси – $23^{\text{h}}56^{\text{m}}$ (для удобства переведем в минуты – 1436 минут) – звездные сутки. Период спутника по условию – в 10 раз меньше – 143,6 минут.

Из условия периода обращения спутника может показаться, что долгота подспутниковой точки станет той же самой ровно через 143,6 минут, т.е. ровно через период обращения. Однако за это время Земля провернулась вокруг своей оси на 36 градусов и это необходимо учесть (описание этого факта – 2 балла)

Проще всего это сделать, используя соотношение для синодических и сидерических периодов. Запишем:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \Rightarrow \frac{1}{S} = \frac{1}{143,6} - \frac{1}{1436} \Rightarrow S = 159,6 \text{ минут или } 2 \text{ часа } 39,6$$

минут (2 балла)

Данную выкладку мы делаем, предполагая, что спутник обращается вокруг Земли в ту же сторону, что и Земля, т.е. против часовой стрелке. Однако в условии про это ничего не сказано, поэтому просчитаем и вариант движения спутника по часовой стрелке.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \Rightarrow \frac{1}{S} = \frac{1}{143,6} + \frac{1}{1436} \Rightarrow S = 130,5 \text{ минут или } 2 \text{ часа } 10,5$$

минут (2 балла)

3. С помощью угловых отражателей, установленных на поверхности Луны, осуществляется ее лазерная локация. Размер углового отражателя – порядка 1 метр на 1 метр. Оцените – с какой угловой точностью необходимо навести лазерный луч, чтобы попасть в отражатель с поверхности Земли? Доступна ли такая точность в настоящее время? Рассеянием света пренебречь.

Решение:

Данную задачу можно решить двумя способами – 1) точным – когда необходимо произвести геометрические построения, посчитать угол исходя из знания длин стороны и 2) оценочным, используя соотношение размеров Луны и углового отражателя. Использование первого метода – не является ошибкой и не становится причиной для снижения баллов. Для простоты, рассмотрим второй вариант.

Известно, что угловой размер Луны на небе приблизительно 31 угловая минута, а ее линейный размер – 3474 километра (2 балла). Размер углового отражателя – 1 метр, т.е. в 3474000 раз меньше Луны, значит его угловой размер – $5,35 \cdot 10^{-4}$ секунды дуги (5 баллов)

Такая точность вполне доступна (1 балл), но суть не в этом – если учесть рассеяние света, то размер лазерного пучка на Луне будет превышать 20 километров, что позволяет однозначно попасть в угловой отражатель тоже.

4. Предположим, что в шаровом звездном скоплении, лежащим вне диска галактики Млечный путь, вокруг одной из звезд сформировалась планетарная система. Опишите, как будет меняться вид звездного неба на одной из планет за время, равное периоду обращения звезды вокруг общего со скоплением центра масс.

Решение:

Решая задачу, можно описать множество различных явлений, но к оценке предлагается только использование следующих тезисов

- 1) Орбита звезды в шаровом звездном скоплении чрезвычайно эксцентрична, таким образом вид звездного неба в момент, когда звезда вблизи центра масс и на краю скопления будут существенно различаться (2 балла)
- 2) Среднее расстояние между звездами в центральной части скопления не превышает 0,05 светового года. Это значит, что на небе такой планеты ночью будет огромное количество звезд (порядка 100 – 150 тысяч против 6 тысяч на Земле), значительное число которых – яркие звезды (2 балла)

- 3) Но ни одна из звезд не будет сопоставима с центральным светилом планетарной системы (Солнцем данной системы), поэтому у планеты будет одно Солнце, а не множество, а звезды будут наблюдаться как звезды (2 балла)
- 4) При приближении центральной звезды к краю скопления со стороны галактики, наблюдатель на такой планете сможет лицезреть диск галактики – причем практически ничего не будет мешать наблюдению структурных элементов галактики. Еще можно учесть тот факт, что скопление обращается вокруг центра Галактики, поэтому в разные моменты времени диск галактики будет наблюдаться по-разному. (2 балла)
5. Некий астроном-любитель утверждает, что наблюдал идеально полную Луну точно на юге на высоте 57,5 градусов в середине октября. Кроме того, по его словам примерно через 3 часа вошло точно на востоке вошло Солнце. Определите, является ли правдивым его рассказ? Наклоном лунной орбиты к эклиптике пренебречь.

Решение:

Кажется, астроном-любитель что-то точно перепутал.

- 1) Высота полной Луны – 57,5 градусов, направление – юг, это значит, что Солнце находится под углом 57,5 градусов под горизонтом точно на севере, т.е. в нижней кульминации. Определим склонение Солнца в этот момент:
- $$h = -90 + \varphi + \delta \Rightarrow -57.5 = -90 + 56 + \delta \Rightarrow \delta = 90 - 56 - 57.5 = -23.5$$
- Это склонение характерно зимнему Солнцестоянию, но никак не середине октября (2 балла)
- 2) Учитывая, что мы нашли дату – 22 декабря, а это самый короткий день в году и самая длинная ночь, через три часа после нижней кульминации Солнце не успеет добраться до горизонта. (2 балла)
- 3) В середине октября, т.е. после осеннего равноденствия ночь длится больше 12 часов, таким образом за три часа Солнце не доберется до горизонта тоже. (2 балла)
- 4) Ровно на востоке Солнце восходит только в дни равноденствий – 21 марта и 23 сентября. В октябре и декабре Солнце будет восходить на юго-востоке. (2 балла)

6. Найдите на каком максимальном угловом удалении может находиться Полярная звезда от северного полюса мира вследствие прецессии земной оси? Как часто Полярная находится на таком угловом удалении от северного полюса мира? Изменением угла наклона плоскости экватора относительно плоскости эклиптики со временем – пренебречь.

Решение:

Как известно, в настоящее время Полярная звезда практически совпадает с северным полюсом мира. Однако прецессия земной оси меняет положение северного полюса мира относительно северного полюса эклиптики, совершая полный оборот за 26000 лет. (2 балла за рассуждения).

Угол наклона плоскости экватора относительно плоскости эклиптики соответствует приблизительно 23,5 градуса, таким образом северный полюс мира совершает оборот вокруг северного полюса эклиптики по окружности с угловым диаметром 47 градусов. (4 балла).

Этот угол и есть максимальное удаление Полярной звезды от северного полюса мира. Происходит это раз в период в 26000 лет (2 балла).