

Ключи, критерии оценивания заданий
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников
2024-2025
Астрономия
11 класс
Максимальный балл 48

Задача 1 (8 баллов)

Сколько планет, похожих на Юпитер, нужно объединить, чтобы образовалась звезда, похожая на Солнце? Можно ли создать такую звезду из огромного числа планет, похожих на Землю? Сколько их для этого понадобится?

Химический состав Юпитера похож на химический состав Солнца. Поэтому для образования звезды надо лишь собрать нужную массу, а дальше гравитация сделает все сама.	3 б.
То есть нужно около $N \approx \frac{1,989 \cdot 10^{30}}{1,899 \cdot 10^{27}} \approx 1000$ планет, похожих на Юпитер, для создания звезды, похожей на Солнце.	2 б.
«Собрать» звезду из планет, похожих на Землю, напрямую не получится, так как химический состав их различается очень сильно.	3 б.

Задача 2 (8 баллов)

Межпланетная станция, имеющая скорость относительно Солнца 15 км/с, достигла орбиты астероида, вращающегося по круговой орбите. В этот момент к наземному радиотелескопу со станции был отправлен радиосигнал. Земля в момент отправки радиосигнала находилась в наибольшей западной элонгации, если смотреть со станции. Зная, что период обращения астероида вокруг Солнца составляет 15 лет, ответьте на ряд вопросов.

В какой конфигурации станция наблюдается с Земли?

Чему равен радиус орбиты астероида (ответ укажите в а.е. и округлите до сотых)?

Чему равно расстояние от станции до Земли (ответ укажите в а.е. и округлите до целых)?

Сколько времени будет идти сигнал (ответ укажите в минутах и округлите до целых)?

Какой путь пройдет станция за время, требующееся сигналу для того, чтобы дойти до телескопа (ответ укажите в км)?

1. Сделаем рисунок. Орбита астероида является верхней по отношению в орбите Земли. С Земли станция будет наблюдаться в восточной квадратуре.	4 б.
2. Радиус орбиты астероида можно вычислить используя 3-й закон Кеплера $a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{15^2} \sim 6,08$ а.е.	1 б.
3. Расстояние от станции до Земли можно найти по теореме Пифагора (т.к. угол SEA–прямой): $EA = \sqrt{SA^2 - SE^2} = \sqrt{6,08^2 - 1^2} = 5,99 \sim 6$ а.е.	1 б.
4. Скорость распространения радиоволн 300000 км/с. Расстояние в 6 а.е. радиоволны пройдут за $t = \frac{EA}{c} = \frac{6 \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ км}}{300000 \text{ км/с}} = 3000 \text{ с} = 50 \text{ минут}$	1 б.
5. За это время станция пройдет путь $3000 \cdot 15 = 45000$ км. <i>Ответ от 44830 до 45000 км оценивается в 1 балл.</i>	1 б.

Задача 3 (8 баллов)

На южном полюсе Земли некая звезда наблюдается на высоте $60^\circ 48'$ над горизонтом. На какой максимальной угловой высоте может наблюдаться эта звезда в следующих пунктах Земли (влиянием атмосферы пренебречь)?

- 1) северный полюс Земли;
- 2) экватор;
- 3) в Великом Новгороде ($58^\circ 32'$ с.ш., $31^\circ 17'$ в.д.);
- 4) Ньюкасл, Австралия ($32^\circ 55'$ ю.ш., $151^\circ 45'$ в.д.).

1. На полюсах суточные круги звезд параллельны горизонту, который совпадает с небесным экватором. Поэтому склонение звезды равно $\delta = -60^\circ 38'$. Это звезда южного небесного полушария.	2 б.
2. Для наблюдателя на северном полюсе звезда южного небесного полушария находится под горизонтом. Из соображений симметрии высота звезды в этом случае $h = -60^\circ 48'.$	1 б.
3. Для наблюдателя на экваторе: $h = 90^\circ - 60^\circ 48' = 29^\circ 12'.$	1 б.
4. Для наблюдателя в Великом Новгороде: $h = 90^\circ - \varphi - \delta = 90^\circ - 58^\circ 32' - 60^\circ 48' = -29^\circ 20'.$	2б.
5. Для наблюдателя в Ньюкасле $h = 90^\circ - \varphi - \delta = 90^\circ - 32^\circ 55' - 60^\circ 48' = 62^\circ 07'.$	2б.

Задача 4 (8 баллов)

Как и на сколько градусов изменится средняя температура Земли, если вся поверхность Солнца покроется пятнами? Принять, что температура поверхности Солнца 6000 К, а температура пятна отличается на 1000 К. Парниковым эффектом пренебречь.

1. Температура пятен ниже температуры поверхности Солнца и равна 6000 К – 5000 К = 1000, значит температура Земли будет уменьшаться.	1 б.
2. Согласно закону Стефана-Больцмана светимость Солнца пропорциональна четвертой степени температуры и второй степени ее радиуса. $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$.	1 б.
3. Запишем закон сохранения энергии для поиска равновесной температуры Земли T_3 : $\frac{4\pi R^2 \sigma T^4}{4\pi a^2} \cdot \pi R_3^2 = 4\pi R_3^2 \sigma T_3^4$ <i>Пояснения. Энергия, идущая от Солнца, распространяется в сферу. На расстоянии равно $a = 1$ а.е. (там, где находится Земля) площадь сферы равна $4\pi a^2$. Энергия попадает на эффективную площадь πR_3^2. Земля становится сама источником излучения.</i> Следовательно $T_3 = T \cdot \sqrt{\frac{R}{2a}}$.	4 б.
4. Выполняем расчет для начальной и конечной температуры Солнца, используя данные о радиусе Солнца и величине астрономической единицы. $T_3^1 = 6000 \text{ К} \cdot \sqrt{\frac{695 \text{ 700 км}}{2 \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}}} = 289 \text{ К}$ – температура Земли при Солнце без пятен. $T_3^2 = 5000 \text{ К} \cdot \sqrt{\frac{695 \text{ 700 км}}{2 \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}}} = 241 \text{ К}$ – температура Земли при Солнце, покрытом пятнами.	1 б.
5. Таким образом, температура Земли понизится на 48 градусов.	1 б.

Задача 5 (8 баллов)

В таблице представлены параметры орбит Нептуна и Плутона. Пользуясь данными таблицы, дайте ответы на следующие вопросы.

Какой из объектов ближе подходит к Солнцу?

На какое максимальное расстояние могут быть удалены планеты друг от друга?

Наклон орбит к плоскости эклиптики не учитывать.

Планета	Среднее расстояние от планеты до Солнца, а.е.	Эксцентриситет
Нептун	30,10	0,011
Плутон	39,48	0,249

1. Орбиты планет не являются круговыми. Вытянутость орбиты характеризуется ее эксцентриситетом. Орбита Плутона более вытянута.	1 б.
2. Наиболее близкое расстояние от планеты до Солнца характеризуется перигейным расстоянием r_{min} , которое можно найти, используя данные о большой полуоси орбиты (равной среднему расстоянию планеты a от Солнца) и эксцентриситете e : $r = a(1 - e)$. Таким образом, для Нептуна $r_{Нептун} = 30,10 \text{ а. е.} \cdot (1 - 0,011) = 29,77 \text{ а. е.}$ Для Плутона $r_{Плутон} = 39,48 \text{ а. е.} \cdot (1 - 0,249) = 29,65 \text{ а. е.}$	3 б.
3. Максимальное расстояние между планетами будет, когда Плутон будет в афелии (наибольшем удалении от Солнца), а Нептун в перигелии.	1 б.
4. Найдем афелийное расстояние Нептуна: $R_{Плутон} = a(1 + e) = 39,48 \text{ а. е.} \cdot (1 + 0,249) = 49,31 \text{ а. е.}$ Расстояние между планетами в данной конфигурации $R_{Плутон} + r_{Нептун} = 49,31 \text{ а. е.} + 29,77 \text{ а. е.} = 79,08 \text{ а. е.}$	3 б.

Задача 6 (8 баллов)

На северном небе около двух тысяч звезд шестой звездной величины. Сколько нужно таких звезд, чтобы их общее излучение сравнялось с видимым излучением Сириуса, видимая звездная величина которого равна $-1,6^m$?

Используем формулу Погсона $m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{E_1}{E_2},$ где m_1, m_2 – звездные величины; E_1, E_2 – освещенности;	2 б.
$E_1 = NE_2.$ N – число звезд шестой звездной величины типа.	2 б.
$m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{NE_2}{E_2} = -2,5 \lg N,$	2 б.
$N = 10^{-\frac{m_1 - m_2}{2,5}} = 10^{-\frac{7,6}{2,5}} = 1096 \sim 1100 \text{ шт.}$	2 б.