

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
школьный этап 2019-2020 учебный год

11 класс

Задание 1. Даны следующие астрономические объекты: звезда, планета, туманность, звездное скопление, галактика, астероид. Расположите объекты в порядке увеличения линейных размеров (массы). Расположите объекты в порядке уменьшения расстояния до них от Земли.

Решение.

Правильное расположение по размерам (массе): 1) астероид, 2) планета, 3) звезда, 4) звездное скопление, 5) туманность, (Туманности в астрономии бывают, планетарные – конечные стадии эволюции звезд, эмиссионные – подсвеченные массивными и яркими звездами, и в составе молекулярных облаков. Поэтому туманность можно поставить и перед звездой, и между звездой и звездным скоплением, и после звездного скопления.) 6) галактика

Правильное расположение по удаленности: 1) галактика, 2) туманность, 3) звездное скопление, 4) звезда, 5) планета, 6) астероид

Разбалловка: (8 баллов):

Правильный порядок по размеру 3 балла.

Правильный порядок объектов, но в обратном порядке от большего к меньшему (ошибка, допущенная по невнимательности) – 2 балла из 3.

Каждая ошибка минус один балл из 3, если ошибок больше 3, то за этот пункт выставляется 0 баллов.

Перестановка туманности по порядку в пункты 3 или 4 на оценку не влияет и засчитывается как правильный ответ!

Правильный порядок по расстоянию 3 балла.

Правильный порядок объектов, но в обратном порядке от большего к меньшему (ошибка, допущенная по невнимательности) – 2 балла из 3.

Каждая ошибка минус один балл из 3, если ошибок больше 3, то за этот пункт выставляется 0 баллов.

Наличие правильных пояснений и описаний объектов 1 балл

Наличие рисунка или схемы используемой в решении – 1 балл

Итого за задачу 8 баллов

Задание 2. По какой причине на Земле происходит смена дня и ночи, чему равен промежуток времени, содержащий в себе день и ночь и как он называется? Чему этот промежуток равен на Луне? Сколько в лунном году лунных дней?

Решение.

Причина смены дня и ночи состоит в том, что Земля вращается вокруг своей оси. День и ночь связаны с Солнцем, значит это промежуток времени связан с повторением положения

Солнца и равен 24 часам. И называется солнечными сутками. На Луне также есть солнечные сутки. Мы видим, как день и ночь путешествуют по Луне, у нас это промежуток называется Лунным Месяцем и равен 29,5 дням, потому что Луна вращается вокруг Земли и одновременно с Землей вокруг Солнца. Лунный год равен земному году, так как Луна вместе с Землей вращается вокруг Солнца. Следовательно, в Лунном году будет: $365,25/29,5 = 12,4$ лунных дня.

Разбалловка: (8 баллов):

Правильное понимание причины – осевое вращение – 1 балл

Правильное указание периода вращения относительно Солнца –солнечные сутки 24 часа–

1 балл Правильное объяснение смены дня и ночи на Луне с учетом вращения Луны вокруг Земли – 1 балл И если написано, что так же Луна одновременно вращается и вокруг Солнца вместе с Землей еще 1 балл

Правильное указание периода смены дня и ночи на Луне – лунный месяц (синодический период Луны) и его значение – 29,5 дней – 1 балл

Явный или не явный вывод о том, что лунный год равен земному году – 1 балл

Расчет количества лунных дней в лунном году с использованием не целой продолжительности земного года – 1 балл

Наличие рисунка или схемы используемой в решении и подробного описания– 1 балл

Итого за задачу в сумме – 8 баллов

Задание 3. На какой высоте и над какими точками над поверхностью Земли летают геостационарные спутники? Напомним, что геостационарный спутник постоянно «висит» над какой-то одной точкой земной поверхности. Справочные данные: радиус орбиты Луны - 384 тыс. км, период обращения Луны вокруг Земли – 27,3 сут.

Решение:

Спутник, плоскость орбиты которого не совпадает с плоскостью экватора, не может постоянно находиться над одной и той же точкой земной поверхности. Следовательно, все геостационарные спутники находятся над экватором, при этом период обращения такого спутника вокруг Земли должен совпадать с периодом обращения Земли вокруг своей оси (т. е. равняться примерно 24 часам). По III закону Кеплера: $(T_L / T_C)^2 = (a_L / a_C)^3$ $a_C = a_L \cdot (T_C / T_L)^{2/3} = 384 \cdot 10^3 \cdot (1 / 27,3)^{2/3} = 42,4 \cdot 10^3$ км. Высота спутника над поверхностью Земли равна разности радиуса орбиты спутника и радиуса Земли, т.е. $42,4 - 6,4 = 36$ тыс. км.

Разбалловка: (8 баллов):

Есть запись, что ИСЗ находится над экватором и период его вращения равен периоду вращения Земли вокруг оси – 2 балла

Записан III закон Кеплера – 2 балла

Правильно рассчитан радиус вращения спутника – 2 балла

Получен верный ответ высоты спутника над поверхностью Земли – 2 балла

Примечание: альтернативные способы нахождения радиуса орбиты спутника (через обобщенный III закон Кеплера, решение задачи о равномерном движении по окружности и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются полным баллом.

Задание 4. Хороший футболист может придать мячу скорость 30 м/с. На астероидах какого размера можно играть в футбол? Плотность астероидов считать равной плотности Земли.

Решение:

Вторая космическая скорость на поверхности тела равна $v = (2GM/r)^{1/2} = (8\pi G\rho/3)^{1/2} \cdot r$. Здесь M , r и ρ - масса, радиус и плотность тела. Получается, что при постоянной плотности вторая космическая скорость прямо пропорциональна радиусу. Скорость полета мяча в 370 раз меньше второй космической скорости для Земли, поэтому она совпадет со второй космической скоростью для тела, с радиусом в 370 раз меньшим радиуса Земли - 17 км.

Разбалловка: (8 баллов):

Верно записана формула для второй космической скорости через плотность тела – 3 балла

Присутствуют рассуждения (вычисления), приводящие к правильному ответу- 5 баллов

Задание 5. Расстояние до ближайшей к Солнечной системе звезды Альфа Центавра составляет 1,3 пк. Это кратная звездная система, в состав которой входят две звезды, похожие на Солнце - Альфа Центавра А и Альфа Центавра В, а также красный карлик Проксима – Альфа Центавра С, расположенный на земном небе на удалении в $2^{\circ}11'$ от звезд А и В, а в пространстве – на том же расстоянии от Солнца, что и главные звезды системы. За какое время Проксима делает один оборот вокруг звезд А и В?

Решение:

Для решения задачи предположим, что звезды А, В и С лежат в картинной плоскости. Тогда для решения задачи воспользуемся формулой углового размера:

$$\alpha = D/R$$

Где α – это угол в радианах, D – расстояние между звездой С и парой А и В, в одних и тех же единицах. Из этой формулы следует, что $D = \alpha R$ и для решения необходимо перевести угол, разделяющий звезды А и В и звезду С в радианы. $\alpha = 0,0038$ рад. Далее для расчетов необходимо перевести расстояние из парсек в астрономические единицы: 268144,5 а.е. И рассчитаем расстояние от Проксимы до звезд А и В. Это будет: 10189 а.е. Это будет большая полуось орбиты Проксимы. Следовательно, используя тот факт, что А и В похожи на Солнце и масса каждой из них равна солнечной, массой Проксимы можно пренебречь, поскольку она много меньше двух масс Солнца.

То можно воспользоваться уточненным 3-м законом Кеплера, сравнив систему Альфы Центавра и Проксимы с Солнцем и Землей:

$$T_p^2(M_a + M_b + M_c)/T_3^2 M_c = a_p^3/a_3^3 \quad \text{Отсюда,} \quad T_p = 727 \text{ тыс. лет}$$

Разбалловка: (8 баллов):

Построение модели задачи с явным или не явным использованием факта, что звезды находятся в картинной плоскости – 1 балл

Запись формулы углового размера и вывод из нее формулы для линейного размера при известном угловом размере – 1 балл

Правильный перевод расстояния из парсек в астрономические единицы – 1 балл

Правильная запись уточненного 3-го закона Кеплера с учетом масс звезд и пренебрежением массой Проксимы или указанием, что она составляет порядка 0,1 солнечной- 3 балла,

Если же используется 3-й закон Кеплера без учета массы, то при правильном подсчете выставляется только 1 балл и НЕ выставляется балл за итоговый ответ!

Правильный расчет и ответ в 727 тыс. лет (730 тыс. лет) – 1 балл.

Оформление задачи, наличие пояснительного рисунка – 1 балл

Итого за задачу в сумме – 8 баллов

Задание 6. Какая планета проходит большее расстояние по орбите за 1 год – Марс или Юпитер? Орбиты считать круговыми. Обоснуйте свой ответ.

Решение:

По III закону Кеплера ($T^2/a^3 = \text{const}$). Скорость планеты равна $V = 2\pi a/T = 2\pi a / (\text{const} \cdot a^3)^{1/2} = (2\pi/\text{const}) / a^{1/2}$. Значит, чем больше значение большой полуоси планеты (радиуса орбиты планеты), тем меньше должна быть скорость планеты. Таким образом, чем дальше планета от Солнца, тем меньшее расстояние она проходит за единицу времени. Т.е. Марс пройдет большее расстояние за 1 год, чем Юпитер.

Разбалловка (8 баллов):

Представлен III закон Кеплера – 2 балла

Присутствует формула движения по окружности – 2 балла

Опираясь на перечисленные формулы, дан обоснованный ответ - 4 балла

Примечание: альтернативные способы нахождения зависимости скорости от радиуса орбиты (через обобщенный III закон Кеплера, решение задачи о равномерном движении по окружности, первую космическую скорость и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются полным баллом.