

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

10 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!

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 в сумме – 8 баллов

Задание 2. Каково кратчайшее расстояние между указанными точками по поверхности Земли (считая ее идеальным шаром), если координаты точек равны 0° ш 0° д. и 30° с. ш 90° в. д? Радиус Земли 6371 км.

Решение.

Первая точка совпадает с началом географических координат, вторая отстоит от нее на четверть окружности по долготе и 30° по широте на север. Так как четверть окружности, это точка равноудаленная от большого круга с долготами 90 в.д. и 90 з.д. То это расстояние равно четверти окружности Земли. Не зависимо от того какую широту мы выберем. Определим расстояние, используя длину большого круга на Земле:

$$L=2\pi R/4=10002 \text{ км}$$

Разбалловка: (8 баллов):

Правильное понимание и вывод того, что вторая точка лежит на большом круге, равноудаленном от заданной 1 точки - 4 балла.

Вывод формулы расстояния, через длину окружности и четвертую ее долю с правильным расчетом и округлением до целого значения км – 2 балла.

Запись итогового ответа – 1 балл

Четкое оформление и наличие правильного рисунков или схемы, поясняющих решение – 1 балл
Итого за задачу в сумме – 8 баллов

Задание 3. С поверхности какой планеты Солнечной системы Земля будет выглядеть ярче всего? Почему?

Решение:

Очевидно, это должна быть какая-то из близких к Земле планет – планета земной группы. При наблюдении с Марса Земля является внутренней планетой, и в момент сближения с Марсом повернута к нему ночной стороной. Земля могла бы быть очень яркой при наблюдении с поверхности Венеры, но эта планета окутана плотным слоем облаков, никакие небесные светила с ее поверхности не видны. В итоге, ярче всего Земля может выглядеть с поверхности Меркурия.

Разбалловка (8 баллов):

Верно указано, что эта планета земной группы – 2 балла

Правильно дан ответ, что этой планетой является Марс – 3 балла

Указано, что на Венере плотность атмосферы большая, поэтому никакие небесные светила не видны с её поверхности – 3 балла

Задание 4. 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 C и парой A и B , в одних и тех же единицах. Из этой формулы следует, что $D=\alpha R$ и для решения необходимо перевести угол, разделяющий звезды A и B и звезду C 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 A и B . Это будет: 10189 а.е. Это будет большая полуось орбиты Проксимы. Следовательно, используя тот факт, что A и B 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:

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

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 5. 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) = 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 в решении 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.

Задание 6. Спутник Нептуна Тритон имеет радиус орбиты, равный радиусу орбиты Луны вокруг Земли, но делает один оборот вокруг Нептуна за 6 суток. Во сколько раз отличаются массы Нептуна и масса Земли? Какая из них больше?

Решение:

Из закона всемирного тяготения и второго закона Ньютона следует, что центростремительное ускорение при движении по круговой орбите радиуса R вокруг тела массы M равно $a = GM/R^2$. С другой стороны, оно равно $a = v^2/R$, где v — орбитальная скорость. Отсюда следует, что, если радиусы орбит одинаковы, масса M пропорциональна v^2 . Луна делает оборот по своей орбите примерно за месяц. Так как длины орбит одинаковы, то орбитальная скорость Тритона примерно в 5 раз больше, чем орбитальная скорость Луны. Следовательно, масса Нептуна в $5^2 = 25$ раз больше массы Земли.

Разбалловка (8 баллов):

Из II закона Ньютона и закона всемирного тяготения получена формула ускорения свободного падения -3 балла

Представлена формула ускорения при движении тела по окружности -2 балла

Опираясь на перечисленные формулы, получен правильный ответ – 3 балла

Примечание: альтернативные способы решения (через III закон Кеплера, первую космическую скорость и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются полным баллом (в сумме – 8 баллов).