

10 класс

Задание 1. В солнечную систему влетает астероид со скоростью 70 км/с. При этом касательная линия к его траектории удалена от Солнца на одну астрономическую единицу. Оцените минимальное расстояние, на которое астероид приблизится к Солнцу.

Решение. Начальное удаление астероида от Солнца можно считать бесконечно большим (2 балла).

Тогда на основании законов сохранения импульса и энергии можно записать:

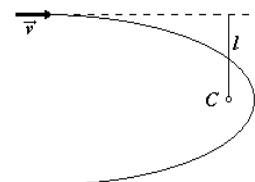
$$mv_2r = mv_1L \text{ (2 балла)}, \quad mv_2^2/2 - GMm/r = mv_1^2/2 \text{ (2 балла)},$$

$L = 1$ а.е., r – минимальное расстояние от Солнца, M и m – массы Солнца и астероида, $v_1 = 70$ км/с, v_2 – скорость астероида вблизи Солнца, G – гравитационная постоянная. Исключая v_2 получаем уравнение для r :

$$r^2 + (2GM/v_1^2)r - L^2 = 0,$$

$$r^2 + 5,445 \cdot 10^{10}r - 2,25 \cdot 10^{22} = 0,$$

$$r = 1,25 \cdot 10^{11} \text{ м} = 0,84 \text{ а.е. (2 балла)}.$$



Задание 2. Первый искусственный спутник Земли был запущен в СССР 4 октября 1957 года. Диаметр его шарообразного корпуса равнялся 58 см. Оцените видимую звездную величину спутника и возможность его наблюдения невооруженным глазом, если видимая звездная величина Международной космической станции достигает -4^m при характерном размере станции 40 м.

Решение. Шкала звездных величин m определяется формулой Погсона

$$m_2 - m_1 = -2,5 \lg(E_2/E_1),$$

где m_2 , E_2 и m_1 , E_1 – звездные величины и освещенности от двух небесных объектов. Поскольку спутник и станция отражают свет Солнца, то создаваемые ими освещенности можно считать пропорциональными площадям отражающих поверхностей (2 балла), то есть квадратам характерных размеров:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \lg((L_2/L_1)^2) = -5 \lg(L_2/L_1) \text{ (2 балла)}.$$

Для первого спутника получаем:

$$m = -4 - 5 \lg(0,58/40) \approx 5,2 \text{ (2 балла)}.$$

Спутник можно было наблюдать практически на пределе возможности глаза только при условии хорошей видимости (2 балла).

Задание 3. В некоторый день равноденствия Меркурий пересекает небесный экватор. В какое время суток можно его увидеть? Сколько времени могут продолжаться наблюдения?

Решение. Меркурий может пересекать небесный экватор либо к востоку, либо к западу от Солнца (1 балл). При восточном положении он виден сразу после захода Солнца (2 балла), а при западном – перед самым восходом Солнца (2 балла). Наибольшее удаление Меркурия от Солнца составляет 0,467 а.е., что соответствует наибольшему угловому удалению от Солнца на $26,8^\circ$. Поскольку небесная сфера совершает оборот за 24 часа на 360° , то наибольшее время наблюдения составит примерно 1 ч. 47 мин. (1 балл). Однако в условиях Земли это время заметно меньше, поскольку Меркурий виден вблизи горизонта. Вследствие значительного рассеяния света Солнца у земной поверхности наблюдения возможны только при расположении Солнца несколько ниже горизонта (2 балла).

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2019/2020 учебном году

Муниципальный этап

Задание 4. В истории развития астрономии принято выделять системы мира Птолемея и Коперника. В чем различие этих систем? Какие факты, известные всем астрономам с незапамятных времён, использовал Коперник для объяснения своей системы?

Решение. Система мира Птолемея была геоцентрической. Отметим два важнейших положения системы: Земля находится в центре Мира (**1 балл**), все небесные тела вращаются вокруг неё (**1 балл**). Коперник обосновал гелиоцентрическую систему мира: центром системы является Солнце (**1 балл**), планеты, в том числе и Земля, вращаются относительно него (**1 балл**). Для обоснования он использовал всем известные факты о периодически повторяющихся квадратурах планет (**1 балл**), различие квадратур внутренних (**1 балл**) и внешних (**1 балл**) планет, видимые петлеобразные перемещения планет по небесной сфере (**1 балл**).

Задание 5. Наблюдения дают значение тропического года, которое на 1 января 2000 года составляет 365 дней 5 часов 48 минут 45,19 секунды. Ранее для счета времени использовался юлианский календарь, который был заменен григорианским календарем. Как соотносятся средние единицы измерения «год» в этих календарях?

Решение. Юлианский календарь был основан на простом последовательном счете годов: три года по 365 дней и четвертый год 366 дней (**1 балл**). То есть, юлианский «год» равен 365,25 дней или 365 дней 6 часов, что на 11 минут 14,81 секунды «длиннее» тропического года (**1 балл**). По этой причине счет лет постепенно отставал от реального движения Земли относительно Солнца (**1 балл**).

Григорианский календарь основан на более сложном счете годов. Во-первых, как и в юлианском календаре, три года считаются по 365 дней, а четвертый год 366 дней (**1 балл**). Во-вторых, изменен счет високосных годов, не каждый четвертый год является високосным. Годы, номера которых кратны 100 считаются невисокосными (**2 балла**), за исключением годов, кратных 400 (**2 балла**). Например, 2000 год был високосным, а 1900 и 2100 – не високосные. Таким образом, усредненный григорианский год длится 365,2425 суток или 365 дней 5 часов 49 минут 12 секунд, что длиннее тропического года на 26,81 секунды.

Задание 6. В Интернете телеканал «Те•Ра Студия» опубликовал «Астрономический календарь» со следующим текстом:

«...Стоит обратить внимание и на красную звезду в «плече» Ориона – Бетельгейзе. Никто не знает, в какой момент она превратится в сверхновую, но это может произойти в любой момент, то есть – 600-800 лет назад. ...»

Поясните утверждение «...это может произойти в любой момент, то есть – 600-800 лет назад.» Почему звезда характеризуется «старой, далекой и огромной»? Оцените расстояние до неё в парсеках.

Решение. Бетельгейзе действительно «огромная» и «далекая звезда» – красный сверхгигант (**1 балл**), удаленный от нас на расстояние, которое свет преодолевает за весьма значительное время 600-800 лет. Возраст сверхгигантов оценивается в десятки миллионов лет (**1 балл**), что для них достаточно «почтенный» возраст (**1 балл**). Свет за один год проходит расстояние g (световой год), равное:

$$g \approx 3 \cdot 10^8 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ м} \approx 9,47 \cdot 10^8 \text{ м} \approx 6,32 \cdot 10^4 \text{ а.е.} \quad (**1 балл**).$$

Один парсек содержит 206 264 а.е. Из текста следует, что возможные наименьшее d_m и наибольшее d_M расстояния до звезды в парсеках равны:

$$d_m \approx 600 \cdot 6,32 \cdot 10^4 / 2,06 \cdot 10^5 = 184 \text{ пк}, \quad d_M \approx 800 \cdot 6,32 \cdot 10^4 / 2,06 \cdot 10^5 = 245 \text{ пк}, \text{ среднее значение } d_m \approx 214 \text{ пк} \quad (**2 балла**).$$

По оценке 2017 года, расстояние до звезды составляет 222 парсека с точностью $-34/+48$ пк.

Как известно, сверхгиганты могут взрываться с образованием сверхновой звезды (**1 балл**). Если такое явление будет обнаружено в настоящее время, то реально оно произошло примерно 700 лет назад. Столько времени требуется свету Бетельгейзе идти до Земли (**2 балла**).