

9 класс

Задача 1

Пять планет Солнечной системы видны невооружённым глазом: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Привычные нам названия планет пришли к нам из Древнего Рима. А вот по-китайски планеты называются совсем по-другому. В Древнем Китае пять планет связали не с богами, а с пятью первоэлементами в китайской философии: **Землей, Огнем, Водой, Деревом и Металлом**. Сопоставьте римские названия планет с их китайскими названиями. Помните, что древним астрономам были известны лишь те свойства планет, которые можно увидеть невооружённым глазом: видимая яркость, цвет, движение по небесной сфере.

10 баллов

Решение

Самое простое: красноватый Марс, естественно, связали с Огнем. Сатурн имеет заметный коричневый оттенок и к тому же медленнее всех движется по звёздному небу, земля – коричневая и твёрдая, поэтому Сатурн связали с Землей. Наоборот, Меркурий движется быстрее всех, и его связали с текучей Водой. Кстати, и в западной алхимии семь планет (к которым относили также Солнце и Луну) связывались с семью металлами, и Меркурию соответствовала ртуть (тоже жидкость!). Это соответствие сохранилось в английском названии ртути – меркури. Венеру, вероятно, как самую яркую планету древние китайцы связали с блестящим Металлом. А на долю Юпитера остаётся Дерево.

Оценка

За каждый правильный ответ без объяснения по 1 баллу, с объяснением ещё по 1 баллу. Итого максимум - 10 баллов.

Задача 2

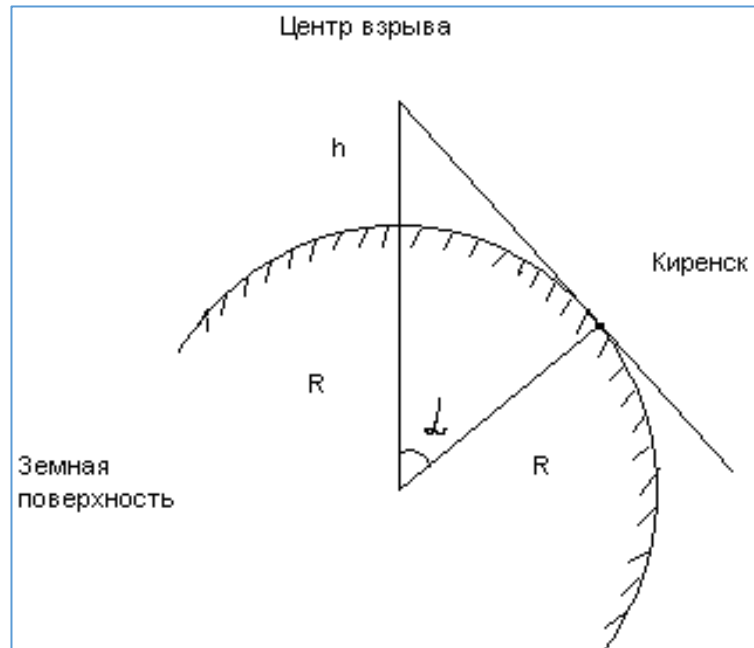
Взрыв Тунгусского метеорита наблюдался в г. Киренске (Иркутская область) на горизонте примерно в 330 км от места взрыва. На какой высоте над земной поверхностью взорвался метеорит? Атмосферную рефракцию не учитывать.

8 баллов

Решение

Геометрия явления показана на рисунке. Найдем угол α , соответствующий расстоянию 330 км по земной поверхности. Поскольку дуге 1° соответствует примерно 110 км, можно заключить, что

$$\alpha = \frac{330}{110} = 3^\circ.$$



Далее, из чертежа видно, что

$$\cos \alpha = \frac{R}{R + h}$$

где R – радиус Земли, а h – искомая высота. Отсюда

$$h = R \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right).$$

Подставим численные значений:

$$h = 6400 \left(\frac{1}{\cos 3^\circ} - 1 \right) = 6400 \left(\frac{1}{0,9986} - 1 \right) = 9,0 \text{ (км)}.$$

Заметим, что при вычислении в скобках получается разность двух близких чисел. Как известно, при такой операции происходит значительная потеря точности. Потери не произойдет, если преобразовать формулу следующим образом:

$$h = R \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha} = R \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos \alpha}.$$

Вычисление по ней с 4 значащими цифрами дает более точный результат – 8,80 км.

Оценка

Правильный чертеж оценивается в 2 балла. Вычисление угла α – 2 балла. Вывод тригонометрической формулы для высоты взрыва – 3 балла. Получение численного ответа – 1 балл. Итого – 8 баллов.

Участник может получить ответ из формулы для дальности горизонта $l = \sqrt{2hR}$, в которой $l = 330$ км. Результат получится 8,5 км. В этом случае оценка за вычисление угла α не выставляется, а итоговая не превышает 6 баллов.

Задача 3

22 сентября в 9 ч по местному истинному солнечному времени на экваторе наблюдается полное солнечное затмение. В какое время в этот день зайдёт Луна?

8 баллов

Решение

Так как затмение происходит в день осеннего равноденствия, Солнце находится почти на небесном экваторе, а значит заходит в 18 часов. Луна же зайдет чуть позже, поскольку с 9 утра успеет сместиться относительно Солнца к востоку. Вычислим этот угол точнее.

Известно¹, что Луна за сутки смещается среди звезд на 13° . Значит, за 9 часов – от 9 до 18 – она переместиться на $(13/24) \cdot 9 \approx 5^\circ$. Солнце за сутки смещается примерно на 1° , и этим смещением можно пренебречь. На такой угол Земля поворачивается за $24 \cdot \frac{5}{360} = 0,333$ (ч) = 20 (мин). Таким образом, Луна зайдет в $18^{\text{ч}}20^{\text{м}}$ по местному истинному солнечному времени.

Оценка

Определение времени захода Солнца – 2 балла. Вычисление смещения Луны на небе – 2 балла. Определение разницы времени захода Солнца и Луны – 2 балла. Вычисление времени захода Луны – 2 балла. Итого 8 баллов.

¹ А если неизвестно, то можно найти по сидерическому периоду Луны:

$$\frac{360^\circ}{27,3} = 13,2 \text{ (}^\circ/\text{сут)}.$$

Задача 4

На месте взрыва сверхновой SN 1987A в Большом Магеллановом Облаке обнаружен пульсар с периодом $T = 0,002$ с. Оцените предельный размер пульсара. К какому классу звезд принадлежит этот объект?

8 баллов

Решение

Пульсар – это вращающийся компактный объект. Он излучает внутри узкого конуса вокруг своей магнитной оси. За каждый оборот Земля один раз² попадает внутрь этого конуса, и мы видим «вспышку» – импульс. При вращении звезды скорость любой её точки не может превышать скорости света. Самая большая скорость, очевидно на поверхности на экваторе. Если R – радиус звезды, то эта скорость равна

$$v = \omega R = \frac{2\pi}{T} R < c.$$

Отсюда

$$R < \frac{cT}{2\pi} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0,002}{6,28} = 9,55 \cdot 10^4 \text{ (м)} \approx 100 \text{ (км)}.$$

Так малы могут быть только нейтронные звезды – остатки взрывов сверхновых.

Оценка

Знание того, что пульса – это вращающаяся звезда – 2 балла. Неравенство для радиуса звезды исходя предельно допустимой скорости – 2 балла. Вычисление размера пульсара – 2 балла. Вывод о типе звезды – 2 балла. Итого 8 баллов.

Задача 5

Определите значение расстояния планеты от Солнца, при котором ее синодический период при наблюдении с Земли будет равен сидерическому периоду. Планета вращается по круговой орбите в том же направлении, что и Земля. Какие реальные планеты могут удовлетворять этому условию?

10 баллов

² Может и дважды, но это исключительный случай.

Решение

Если внутренняя планета вращается вокруг Солнца в ту же сторону, что и Земля, то для её синодического периода S справедливо соотношение

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T}$$

где P и T – сидерические периоды планеты и Земли соответственно. Очевидно, что в этом случае равенство сидерического и синодического (P и S) периодов планеты не может быть обеспечено ни при каком T .

Рассмотри теперь внешнюю планету. Для неё аналогичное соотношение имеет вид

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P}$$

Подставим P вместо S и получим уравнение для искомой величины:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P}$$

или

$$\frac{2}{P} = \frac{1}{T}$$

откуда $P = 2T = 2$ (года).

Для определения расстояния воспользуемся третьим законом Кеплера

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Если индексом 1 обозначить Землю, а 2 – планету, то отсюда следует

$$a_2^3 = a_1^3 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 = 4a_1^3.$$

Поскольку у Земли $a_1 = 1$ (а. е.), то получаем

$$a_2 = \sqrt[3]{4} \approx 1,587 \text{ (а. е.)}$$

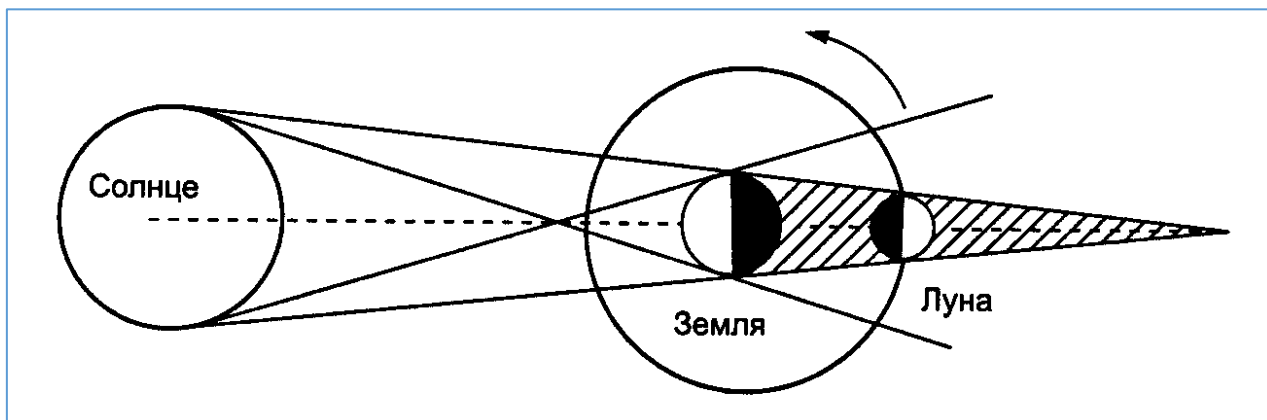
Как видно из справочных материалов, ближе всего к этим параметрам Марс: период – 1,9 года, расстояние – 1,524 а.е.

Оценка

Определение того, что планета должна быть внешней – 2 балла. Запись синодического уравнения и его решение – еще 2 балла. Вычисление расстояния по периоду – 4 балла. Определение планеты – 2 балла. Итого 10 баллов.

Задача 6

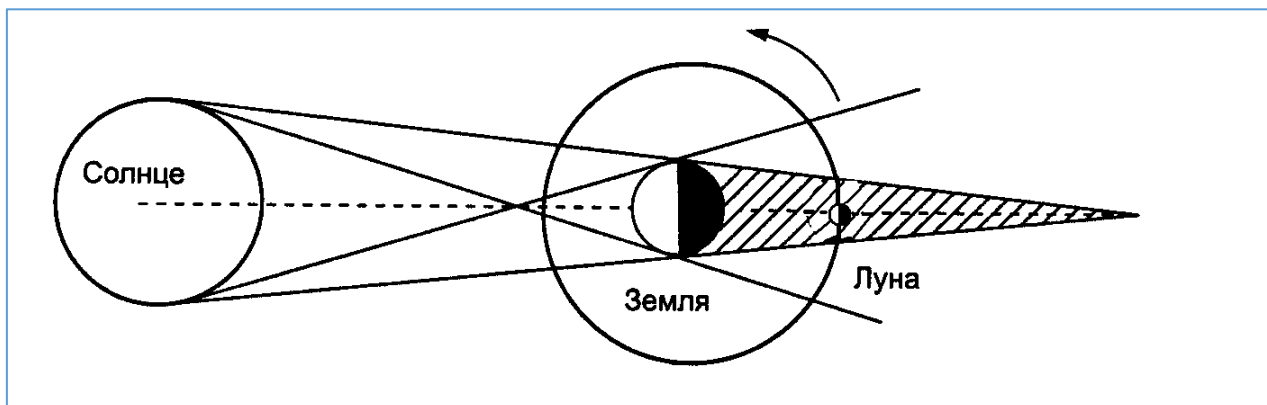
В учебнике астрономии белорусских авторов А.П. Клищенко и В.И. Шупляка помещена такая схема лунного затмения. Что в этой схеме неправильно? Изобразите правильную схему.



8 баллов

Решение

На самом деле Луна почти втрое меньше диаметра лунной тени на расстоянии орбиты Луны. Кроме того, ночная – противоположная от Солнца – сторона Луны, конечно, должна быть темной, как это нарисовано для Земли. Правильный рисунок такой



Оценка

За указание на каждую из двух ошибок – 2 балла. Чертеж с правильными размерами – 2 балла. И 2 балла за корректное изображение ночной стороны Луны. Итого 8 баллов.

Общее число баллов – 52.