

10 класс

Предлагается 6 заданий.

Рекомендуемое в приказе время проведения олимпиады 120 минут.

Максимальное количество баллов за олимпиаду в 10 классе 44

1. Условие. Около 1100 лет до нашей эры китайскими астрономами было установлено, что в день летнего солнцестояния высота Солнца в полдень равнялась $h_1 = 79^{\circ}07'$ (к югу от зенита), а в день зимнего солнцестояния $h_2 = 31^{\circ}19'$. Вычислите географическую широту φ пункта наблюдения и угол ε , бывшего тогда наклона эклиптики к экватору.

1. Решение.

Для дня летнего солнцестояния по приведенной на рисунке схеме небесной сферы составляем равенство для высоты Солнца h_1 . Соответственно, составляем для дня зимнего солнцестояния- h_2 .

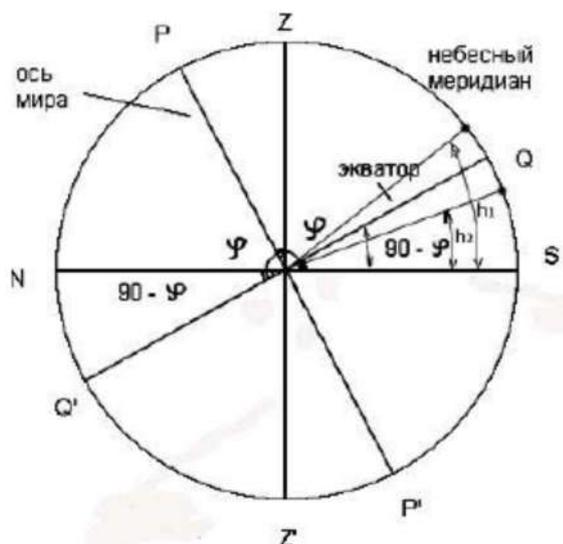


Рис.1 Небесная сфера.

$$h_1 = 90 - \varphi + \varepsilon$$

$$h_2 = 90 - \varphi - \varepsilon$$

Имеем систему двух уравнений с двумя неизвестными, решая которую, получаем $\varphi = 34^{\circ}47'$, $\varepsilon = 23^{\circ}54'$.

Ответ: $\varphi = 34^{\circ}47'$, $\varepsilon = 23^{\circ}54'$.

1. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Правильная запись формулы, связывающей высоту Солнца, географическую широту и угол наклона эклиптики к экватору для дня летнего солнцестояния – 3 балла, для дня зимнего солнцестояния – 3 балла, правильно выполненные вычисления – 2 балла.

2. Условие. Земля для будущих космонавтов на Марсе является то утренним, то вечерним светилом, периодически проходя то верхнее соединение (за Солнцем), то нижнее соединение (перед Солнцем) подобно Венере для Земли. Почему это так происходит? Через какие промежутки времени Земля будет проходить соединение?

Сидерический период обращения Марса равен 687 дней.

2. Решение.

При наблюдении с внешней планеты, можно отметить, что внутренняя планета отходит на небольшой угол, свой для каждой планеты, от положения Солнца на небе. Ниже, на рис., показана схема, иллюстрирующая, почему это так происходит.



Рис. Схема расположения планет в плоскости эклиптики. Иллюстрирует то, что в проекции на небо внутренняя планета отходит от Солнца на небольшой угол.

Если для земного наблюдателя Марс находится в противостоянии, то для марсианского наблюдателя Земля будет наблюдаться в соединении — рис.

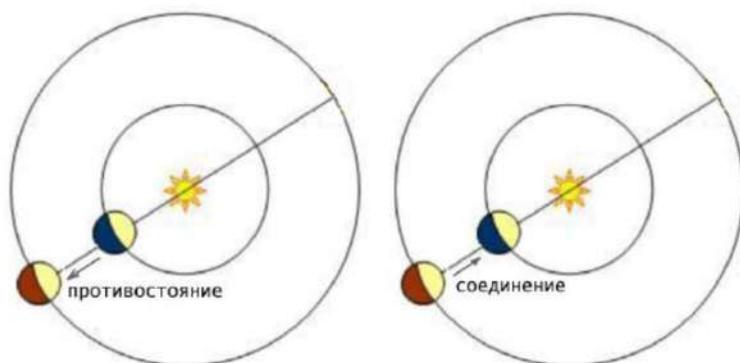


Рис. Взаимное расположение Солнца, Земли и Марса.

Для наблюдателя с Земли Марс будет проходить противостояния через синодический месяц - S .

Синодический период вычисляем по формуле для внешних планет.

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

T – период обращения Земли; P – сидерический период Марса; S – синодический период Марса.

Получаем $S = 769$ суток - период повторяемости противостояний Марса для землян.

Эти же самые моменты для марсианина будут являться соединениями.

2. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**. Объяснение того, что Земля при наблюдении с Марса является утренним или вечерним светилом – 2 балла. Пояснение того, что если для земного наблюдателя Марс находится в противостоянии, то для

марсианского наблюдателя Земля будет наблюдаться в соединении – 2 балла, пояснение ситуации чертежом – 1 балл, использование формулы для синодического периода Марса – 2 балла, правильно выполненные вычисления – 1 балл.

3. Условие. Массы Земли и Луны относятся как 81:1, а их радиусы как 1:0.27. Чему равно ускорение свободного падения на Луне?

3. Решение.

Ускорение свободного падения g определяется из закона Всемирного

тяготения, используя также второй закон Ньютона: $g = \frac{GM}{R^2}$.

записывая отношение ускорений для Земли и Луны, получим

$$\frac{g_L}{g_Z} = \frac{M_L R_Z^2}{M_Z R_L^2} \approx \frac{1}{6} \text{ (раза), отсюда } g_L = \frac{9,8}{6} = 1.63 \left(\frac{M}{c^2} \right)$$

Ответ: ускорение свободного падения на Луне равно $1.63 \left(\frac{M}{c^2} \right)$

3. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 4. Правильная запись формулы для нахождения ускорения – 2 балла, запись формулы для отношения ускорений для Земли и Луны – 1 балл, выполнение вычислений и запись ответа с единицами измерения – 1 балл.

4. Условие. Космический аппарат Вояджер-2, запущенный в 1977 году, в настоящее время успешно продолжает полет за пределами солнечной системы. Сейчас он удалился на расстояние около 130 а.е., однако с ним удается поддерживать связь. Во сколько раз меньше тепла получает аппарат? Какой звездной величины Солнце видит аппарат?

4. Решение.

Поток энергии от объекта обратно пропорционален расстоянию до него, следовательно, $\frac{I}{I_0} = \frac{1^2}{130^2} = 6 \cdot 10^{-5}$ раза.

в звездных величинах получаем $\Delta m = m - m_0 = 2.5 \lg \frac{I_0}{I} \approx 11$ звездных величин.

4. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **5**. За определение того, во сколько раз меньше тепла получает аппарат – 2 балла, за определение звездной величины Солнца – 3 балла.

5. Условие. Сравните отношения количеств теплоты, получаемых на единицу поверхности в Москве ($\varphi = 55^{\circ}45'$) в дни летнего и зимнего солнцестояний и в дни прохождения Земли через перигелий (зимой) и через афелий (летом). Во сколько раз влияние наклона солнечных лучей больше влияния изменения расстояния от Солнца?

Примечание. Эксцентриситет земной орбиты $e = 0.017$.

5. Решение.

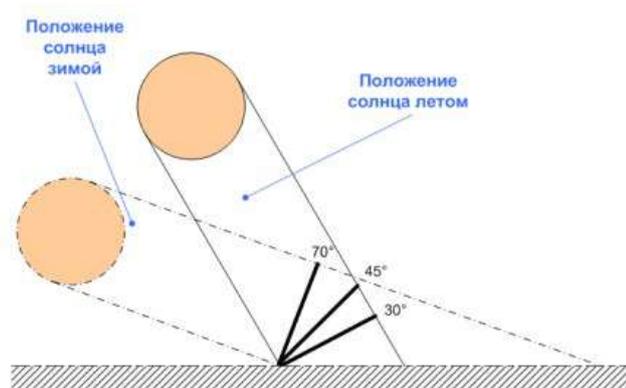


Рис. Иллюстрация того, что один и тот же поток энергии от Солнца зимой распределяется по большей площади, а летом по меньшей.

Высота Солнца летом

$$h_{\text{летом}} = 90 - \varphi + \varepsilon = 90^{\circ} - 55^{\circ}45' + 23^{\circ}30' = 57^{\circ}45' = 57.75^{\circ}$$

Высота Солнца зимой

$$h_{\text{зимой}} = 90 - \varphi - \varepsilon = 90 - 55^{\circ}45' - 23^{\circ}30' = 10^{\circ}45' = 10.75^{\circ}$$

Падение освещенности, вызванное изменением угла наклона лучей

$$\frac{E_{\text{зимой}}}{E_{\text{летом}}} = \frac{I \cdot \cos(h_{\text{зимой}})}{I \cdot \cos(h_{\text{летом}})} = \frac{0.53}{0.98} = 0.54 \text{ раза}$$



Рис. Изменение расстояния от Солнца зимой и летом.

Падение освещенности за счет изменения расстояния от Солнца

$$\frac{E_{\text{зимой}}}{E_{\text{летом}}} = \frac{(1+e)^2}{(1-e)^2} = 1.1$$

Отсюда следует, что влияние наклона лучей больше, чем влияние расстояния до Солнца в 1,7 раз.

Ответ: влияние наклона лучей больше, чем влияние расстояния до Солнца в 1,7 раз.

5. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **11**. Иллюстрация того, что один и тот же поток энергии от Солнца зимой распределяется по большей площади, а летом по меньшей - 2 балла.

Определение высоты Солнца летом – 2 балла.

Определение высоты Солнца зимой – 2 балла.

Определение падения освещенности, вызванное изменением угла наклона лучей – 2 балла.

Определение падения освещенности за счет изменения расстояния от Солнца – 2 балла.

Определение во сколько раз влияние наклона солнечных лучей больше влияния изменения расстояния от Солнца - 1 балл.

6.Условие. Щель спектрографа установлена по экваториальному диаметру Сатурна, как на рисунке. На полученной спектрограмме видны линии, полосы поглощения, полученные для разных участков Сатурна и его колец. Объясните наклоны линий в разные стороны и у Сатурна и у его колец.

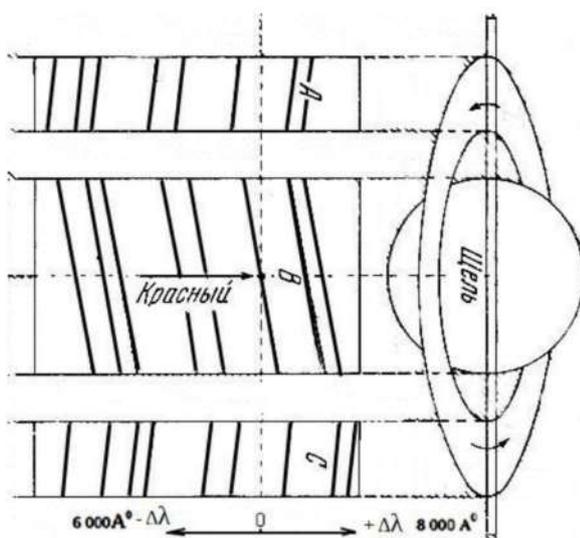


Рис. Участок спектра Сатурна

6. Решение. Длины волн линий, идущих от движущегося источника, подвергаются смещению согласно эффекту Доплера. Участки, которые получены от удаляющейся поверхности Сатурна, в результате его вращения вокруг оси, показывают смещение в красную область спектра. Приближающиеся участки вызывают смещение в синюю область. Так обнаруживается и определяется скорость вращения Сатурна.

Спектры, получаемые от колец слева, показывают, что линии смещены в синюю область спектра – вещество колец к нам приближается. Спектры, получаемые от колец справа, показывают, что линии смещены в красную область спектра – вещество колец к нам приближается. Смещение спектральных линий от внешних областей кольца и от внутренних разное. Внутренние области колец движутся с большей скоростью, чем внешние. Такое возможно, если кольца не сплошные, а состоят из отдельных фрагментов и каждый фрагмент движется самостоятельно в соответствии с законом Кеплера.

6. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **8**. Указание, что смещение спектральных линий вызвано эффектом Доплера – 2 балла. Указание, что смещение спектральных линий в кольцах сильнее, чем в сферической системе планеты – 2 балла. Определение, что внутренние области колец движутся с большей скоростью, чем внешние – 2 балла. Связь скорости вращения с законом Кеплера – 2 балла.