

### Максимальное количество баллов за олимпиаду в 10 классе 46

**1. Условие.** Сколько времени есть у землян-марсианских поселенцев после обнаружения вспышки на Солнце, чтобы спрятаться в пещере? Зачем марсианским поселенцам, прятаться?

**1. Решение.** Электромагнитное излучение придет в момент визуального обнаружения вспышки марсианами. Корпускулярное излучение - поток ионизованных частиц (состоит в основном из электронов, протонов и ядер гелия), истекает из солнечной короны со скоростью 300—1200 км/с в окружающее космическое пространство, что намного меньше скорости распространения излучения. Среднее расстояние от Земли до Марса составляет 225 млн км. Расстояние от Земли до Солнца 150 млн км. Итого, от Солнца до Марса 375 млн км. Если принять скорость распространения корпускулярного излучения 1000 км/с, то оно дойдет примерно через четверо суток. Поэтому у Марсиан около 4 суток.

Корпускулярные частицы с высокими скоростями вызывают опасность для живых организмов. На Марсе очень слабое магнитное поле, которого не достаточно для отведения частиц на полюса. Давление марсианской атмосферы примерно в 200 раз меньше земного. В земной атмосфере высокоэнергичные частицы вызывают атмосферные ливни, в которых энергия одной частицы уменьшается, разделяясь на энергию сотен частиц. В разреженной марсианской атмосфере есть вероятность того, что высокоэнергичная частица долетит до поверхности планеты.

**1. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. За указание того, что в момент вспышки на Солнце выделяется электромагнитное и корпускулярное излучение, ставится 2 балла. За определение времени распространения корпускулярного излучения до Марса выставляется еще 2 балла. Указание роли магнитного поля оценивается в 2 балла, еще 2 балла выставляются за указание роли атмосферы.

**2. Условие.** В результате изменения положения оси вращения Земли в пространстве (прецессия оси) полюс мира на небесной сфере смещается, и через 12000 лет место Полярной звезды займет самая яркая звезда северного полушария Вега ( $\alpha$  Лиры) – рисунок 1. Определи по звездной карте, какие из перечисленных созвездий будут в это время незаходящими на широте Ростова-на-Дону (широта  $\varphi = 47^{\circ}13'$ ): Б. Медведица, Водолей, Орел, Лебедь, Козерог, Кассиопея, Волопас, Геркулес, Весы, Стрелец.

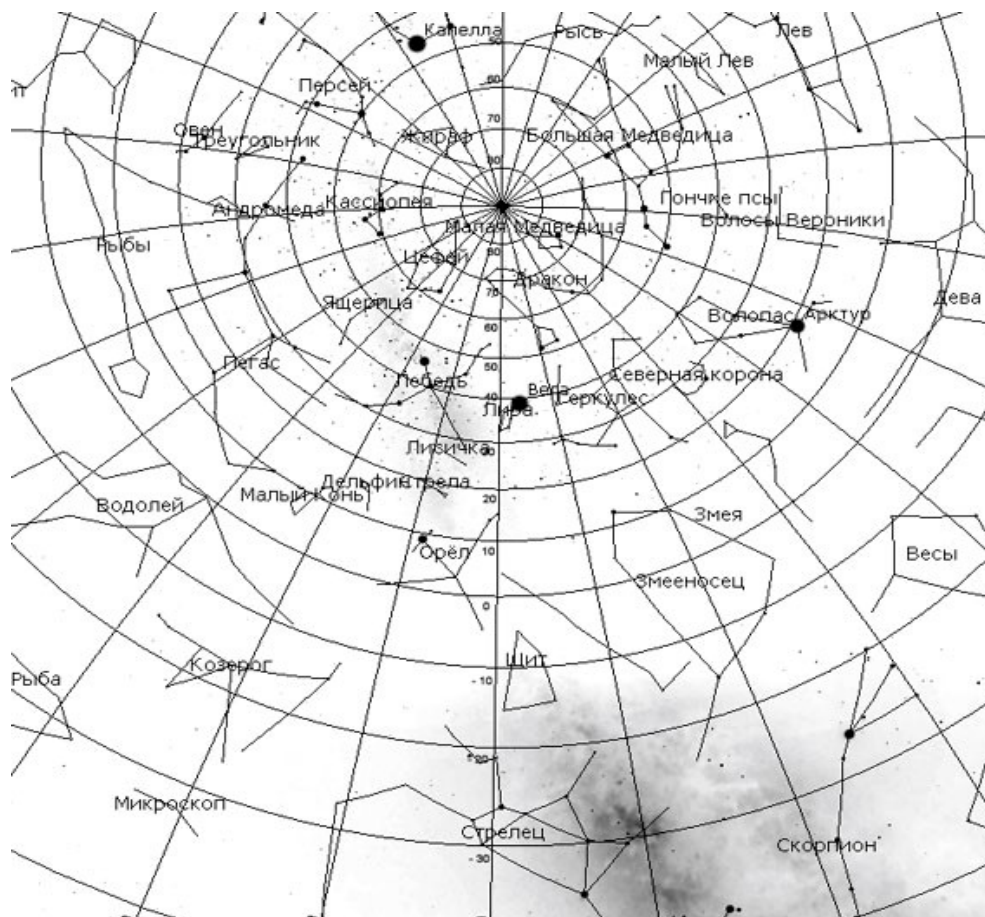


Рисунок 1. Фрагмент звездной карты

## 2. Решение

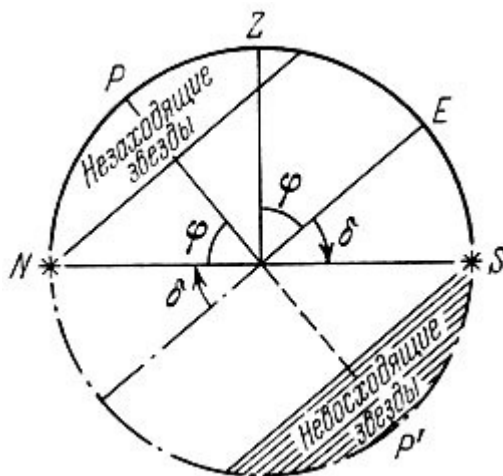


Рисунок 2. Схема, демонстрирующая определение незаходящих звезд.

Незаходящая звезда - звезда, которая на данной широте не опускается ниже горизонта. Из-за вращения Земли все звёзды как будто вращаются по кругу, в центре которого находится Полярная звезда.

В местах наблюдения в северном полушарии с географической широтой  $\varphi$  все те объекты незаходящие, склонение которых  $\delta \geq 90^\circ - \varphi$ , отсюда  $\delta \geq 43^\circ$ . Для ответа на поставленный в задаче вопрос, следует вокруг звезды Вега очертить круг радиусом  $\approx 43^\circ$  и выписать созвездия, попадающие в этот круг. Из перечисленных в условии созвездий подходят Орел, Лебедь, Волопас, Геркулес.

**2. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Определение незаходящей звезды оценивается в 1 балл. Указание формулы для определения склонения оценивается в 3 балла. Определение области незаходящих созвездий на карте оценивается в 3 балла. Выбор подходящих созвездий из перечисленных оценивается в 1 балл.

**3. Условие.** Космонавты, высадившиеся на Марсе, наблюдают Землю в элонгации. Опишите, что они видят. Могут ли они невооруженным глазом видеть Луну? Поясни рисунком расположение планет. Орбиты планет считать круговыми.

**3. Решение.** Для Марса Земля является внутренней планетой.

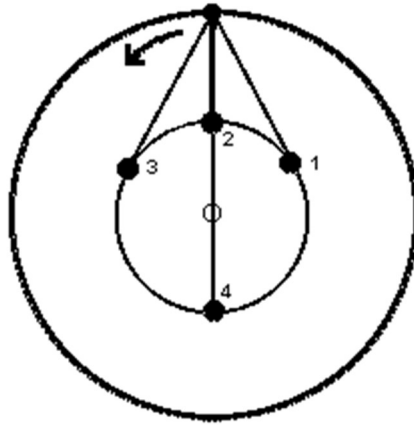


Рисунок 3. Взаимное расположение внешней и внутренней планет. Цифрами обозначены положения внутренней планеты, Земли в нашем условии, в разные моменты времени.

Момент наибольшего углового удаления внутренней планеты от Солнца называют элонгацией. Поэтому положения 1 и 3 называются элонгацией. Поскольку касательная к окружности перпендикулярна радиусу, проведенному в точку касания, по теореме Пифагора находим расстояние до Земли в элонгации  $1,31 \text{ a.e.}$ . По формуле Погсона вычисляем ослабление звездной величины Луны при наблюдении с Марса, оно составило  $0,6^m$ . Для полнолуния получаем звездную величину  $-12,7^m + 0,6^m = -12,1^m$ ; для первой и последней четверти  $-10,5^m + 0,6^m = -9,9^m$ . То есть Луна очень хорошо видна невооруженным глазом.

**3. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Схема, демонстрирующая взаимное расположение внешней и внутренней планет оценивается в 1 балл. Определение понятия элонгации оценивается в 1 балл. Нахождение расстояния до Земли в элонгации оценивается в 2 балла. Вычисление ослабления звездной величины Луны при наблюдении с Марса оценивается в 2 балла. Окончательно, вычисление звездных величин Луны в полнолуние и в первой/последней четвертях с поверхности Марса оценивается еще по 1 баллу за каждую фазу Луны.

**4. Условие.** Что можно сказать об объекте, если в его спектре присутствуют два максимума яркости: один в синей области спектра, другой – в красной?

**4. Решение.** По закону Вина  $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$  максимум излучения в спектре приходится на определенную температуру. Если в спектре наблюдаются два максимума яркости, значит, мы наблюдаем двойной объект. В синей и красной области спектра излучает звездный объект. Значит, этот объект – двойная звезда с более холодной (красной) и более горячей (синей) компонентами.

**4. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 6. За указание зависимости между длиной волны, на которую приходится максимум излучения в спектре, и температурой объекта, выставляется 2 балла. За указание, что объект двойной, выставляется 2 балла. Вычисление температуры не требуется. Установить, что компоненты объекта - звезды можно на основе цвета, так как это цвета, которые указывают на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Указание, что красная звезда более холодная, а синяя более горячая, оценивается еще в 2 балла.

**5. Условие.** Вечером в 20 часов в зените пролетел ИСЗ серии «Космос», имеющий период обращения 1 час. 45 мин. В какой части неба и, примерно, на какой высоте он будет виден на следующем витке (через 1 час 45 мин)?

**5. Решение.** По третьему закону Кеплера  $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$ , используя для сравнения данные о

Луне, вычислим большую полуось орбиты спутника  $a = 7032$  км. При радиусе Земли 6378 км, имеем высоту спутника равной 655 км.

Орбита спутника в пространстве не меняет своего положения, а Земля внутри нее совершает обороты с периодом 24 часа. Следовательно, за 1,75 часа Земля повернется на 26,25 градуса, и на эту величину по долготе сместится подспутниковая точка находящегося в зените спутника. Так как Земля вращается с запада на восток, то смещение произойдет к западу. Смещению на 26,25 градусов соответствует, примерно, расстояние в 3000 км. При высоте 655 км спутник будет наблюдаться низко у горизонта в западной части неба.

**5. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. За вычисление большой полуоси орбиты спутника выставляется 2 балла.

Определение угла поворота Земли через время, равное периоду обращения спутника, оценивается в 2 балла. Определение расстояния, соответствующего углу поворота, оценивается в 2 балла. Определение направления наблюдения спутника на следующем витке оценивается в 2 балла.

**6. Условие.** Найдите сумму масс компонентов двойной звезды  $\eta$  Кассиопеи, параллакс которой  $0.17''$ , период обращения спутника 530 лет и угловой размер большой полуоси орбиты  $12''$ .

**6. Решение.** Массу звезды (помимо Солнца) можно определить со сравнительно большой надёжностью только в том случае, если она является физическим компонентом визуально-двойной звезды, расстояние до которой известно. 3-й закон Кеплера в этом случае даёт сумму масс компонентов (в единицах солнечной массы):

$$m_1 + m_2 = \left(\frac{a''}{\pi''}\right)^3 \frac{1}{T^2}$$

где  $a''$  - большая полуось (в секундах дуги) относительной орбиты спутника вокруг главной (обычно более яркой) звезды, которую в этом случае считают неподвижной,  $T$  - период обращения в годах;  $\pi''$  - параллакс системы (в секундах дуги).

**6. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Вывод выражения для суммы масс компонентов оценивается в 6 баллов, если указывается выражение без вывода, то выставляется только 4 балла. Еще 2 балла выставляется за вычисление числового ответа.