



---

11 класс

---

1. 18 декабря астероид Церера вступает в противостояние с Солнцем. В каком созвездии он при этом будет находиться?

**Решение:**

Поскольку астероид находится в противостоянии, это означает, что его положение на небесной сфере противоположно положению Солнца. Осталось лишь вспомнить порядок зодиакальных созвездий и примерные даты, когда Солнце находится в том или ином созвездии. 18 декабря Солнце находится в созвездии Стрельца (практически на границе с созвездием Змееносца), следовательно, напротив находятся созвездия Тельца и Близнецов, которые и являются возможными ответами задачи.

Можно также понять, что Солнце находится практически в точке зимнего солнцестояния. Следовательно, Церера должна быть близко к точке летнего солнцестояния, которая находится на границе созвездий Близнецов и Тельца (причем, поскольку Церера не «дошла» до точки солнцестояния, Телец является более вероятным ответом).

2. Оцените угловое разрешение радиотелескопа БСА, если известно, что его рефлектор имеет размеры  $187 \times 384$  метра, а рабочая частота  $\nu \approx 10^2$  МГц.

**Решение:**

Воспользуемся известной формулой для оценки предельного углового разрешения телескопа

$$\beta = \frac{\lambda}{D},$$

где  $\lambda$  — длина волны, на которой ведутся наблюдения,  $D$  — диаметр объектива телескопа,  $\beta$  — угловое разрешение в радианах.

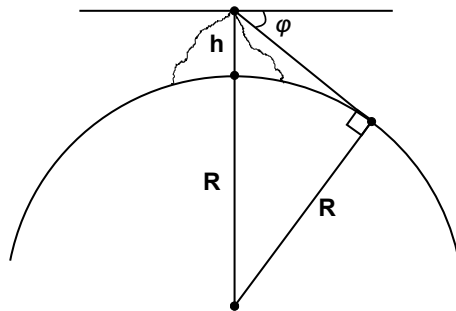
Так как длина волны  $\lambda$  и частота  $\nu$  связаны соотношением  $\lambda \cdot \nu = c$ , где  $c$  — скорость света, легко определить длину волны, соответствующую частоте  $10^2$  МГц. Получаем, что  $\lambda = 3$  м.

Разные размеры рефлектора телескопа в разных направлениях означают, что его угловое разрешение в разных направлениях также будет разным. Однако, так как нам нужна только оценка углового разрешения, выберем в качестве «среднего» размера рефлектора  $D = 300$  м. Таким образом, получаем, что угловое разрешение составляет  $\beta = 10^{-2}$  радиана, т.е. немного больше  $0^\circ.5$ .

3. Определите высоту горы на широте  $68^\circ$  с.ш., на вершине которой не бывает полярной ночи.

**Решение:**

Как известно, полярная ночь возможна на широтах, больших чем  $90^\circ - 23^\circ.5 = 66^\circ.5$ , на которых Солнце может оказаться невосходящим в течение суток объектом. Однако, учитывая рефракцию около горизонта и конечные размеры диска Солнца, можно считать, что минимальная широта, на которой еще возможна полярная ночь, будет чуть больше, около  $67^\circ$ . Это означает, что при наблюдении с вершины такой горы понижение горизонта должно составлять не менее  $1^\circ$ , т.е. на рисунке



для самой низкой горы, удовлетворяющей условию, угол  $\varphi \approx 1^\circ$ .

Из рисунка видно, что

$$\sin(90^\circ - \varphi) = \cos \varphi = \frac{R}{R + h},$$

где  $R$  — радиус Земли,  $h$  — высота горы.

Так как угол  $\varphi$  достаточно мал, то, выразив его в радианах, получим

$$\cos \varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}$$

В то же время

$$\frac{R}{R + h} = \frac{R + h - h}{R + h} = 1 - \frac{h}{R + h} \approx 1 - \frac{h}{R}.$$

Отсюда

$$h = \frac{R\varphi^2}{2}.$$

Так как  $1^\circ \approx 1/60$  радиана, получаем, что  $h \approx 6400/7200 \approx 0.9$  км.

4. Вещество фотосферы некоторой звезды на 70% по массе состоит из водорода и на 30% — из гелия, причем водород полностью ионизован, а гелий полностью неионизован. Чему равна молярная масса такого вещества?

**Решение:**

В силу определения величины одного моля молярная масса некоторого вещества, выраженная в граммах на моль, численно совпадает с массой одной частицы вещества, выраженной в атомных единицах массы (а.е.м.). Если вещество состоит из частиц разных сортов, то для получения молярной массы требуется сосчитать среднюю массу, приходящуюся на одну частицу вещества.

Известно, что в природе (в т.ч. и на Солнце) наиболее распространенными изотопами водорода и гелия являются  $^1\text{H}$  и  $^4\text{He}$ , так что можно считать, что атом гелия в 4 раза тяжелее атома водорода. Из условия задачи следует, что в каждом 200 а.е.м. вещества содержится 140 а.е.м. водорода и 60 а.е.м. гелия, так что на каждые 140 атомов водорода в фотосфере приходится 15 ( $60/4$ ) атомов гелия (выбор именно 200 а.е.м. обусловлен исключительно удобством, поскольку 30% от 200 нацело делится на 4: в рассуждениях можно оперировать и долями атомов, но это менее удобно).

Однако каждый атом водорода полностью ионизован, т.е. ему соответствуют на самом деле две частицы: одна с массой 1 а.е.м., и одна с массой, практически равной нулю (масса электрона во много раз меньше массы ядра и ей можно просто пренебречь). В итоге на каждые 15 атомов гелия с массой 4 а.е.м. приходится 140 ядер водорода с массой 1 а.е.м. и 140 электронов с массой 0 а.е.м. Отсюда средняя масса одной частицы в а.е.м.:

$$\mu = \frac{15 \cdot 4 + 140 \cdot 1 + 140 \cdot 0}{15 + 140 + 140} = \frac{200}{295} \approx 2/3$$

Осталось сформулировать ответ: молярная масса вещества фотосферы составляет примерно  $2/3$  г/моль.

5. В результате неведомого катаклизма все межпланетное пространство в Солнечной системе равномерно заполнилось неким веществом. Из-за поглощения света в этом веществе видимая звездная величина Солнца увеличилась на  $1^m$ . Будет ли при этом с Земли виден невооруженным глазом Юпитер?

**Решение:**

Поскольку вещество однородно, то видимая звездная величина любого объекта при прохождении светом 1 а.е. будет увеличиваться на  $1^m$  (не забудьте, что видимая звездная величина — логарифмическая характеристика освещенности, изменение последней в *некоторое число раз* означает изменение звездной величины *на некоторое число единиц*). Юпитер светит (по крайней мере, в оптическом диапазоне) отраженным светом Солнца, поэтому необходимо учесть поглощение света как на пути от Солнца до Юпитера, так и на пути от Юпитера до Земли. Оценим получающийся блеск Юпитера в противостоянии, когда он наиболее ярк.

Радиус орбиты Юпитера составляет около 5 а.е., поэтому полный путь света составит 9 а.е. ( $5 + (5 - 1)$ ) и, следовательно, его излучение ослабевает на  $9^m$ .

Сейчас Юпитер в противостоянии слабее, чем  $-3^m$ , поэтому в результате катаклизма он даже в наиболее благоприятном для наблюдения положении окажется слабее, чем  $6^m$ . Следовательно, наблюдать его невооруженным глазом с Земли не удастся.