

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 187×384 метра, а рабочая частота $\nu \approx 10^2$ МГц.

Решение:

Воспользуемся известной формулой для оценки предельного углового разрешения телескопа

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

где λ — длина волны, на которой ведутся наблюдения, D — диаметр объектива телескопа, β — угловое разрешение в радианах.

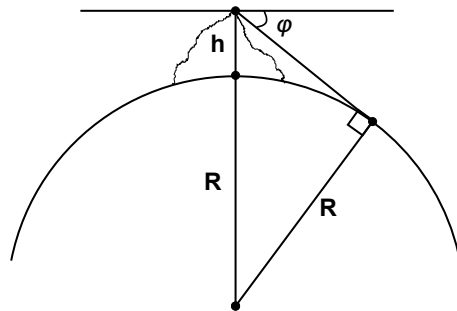
Так как длина волны λ и частота ν связаны соотношением $\lambda \cdot \nu = c$, где c — скорость света, легко определить длину волны, соответствующую частоте 10^2 МГц. Получаем, что $\lambda = 3$ м.

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° 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° . Это означает, что при наблюдении с вершины такой горы понижение горизонта должно составлять не менее 1° , 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 φ 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 ^1H и ^4He , так что можно считать, что атом гелия в 4 раза тяжелее атома водорода. Из условия задачи следует, что в каждых 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. приходятся 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 ослабеет 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.