

# Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

## Окружной тур

### 7 – 8 класс

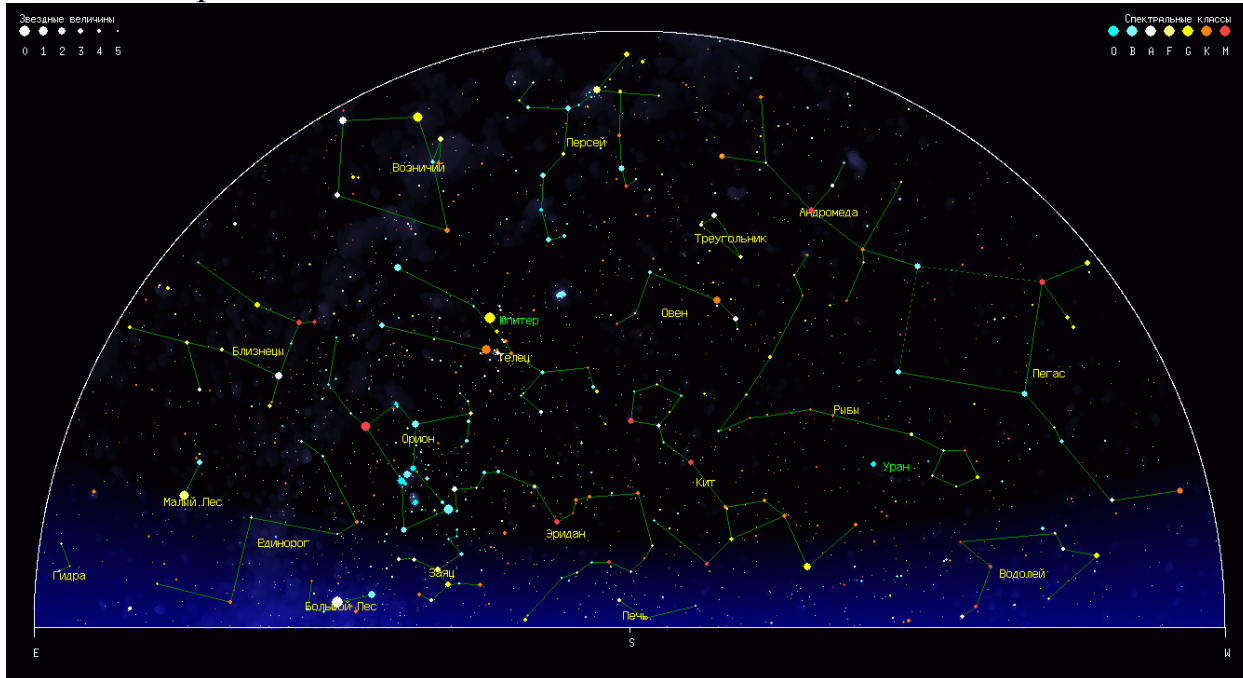
**Задание 1.** Сегодня вечером на юго-востоке при хорошей погоде можно наблюдать в Москве яркую планету. Что это за планета, в каком созвездии она наблюдается и какие созвездия расположены рядом? Какие яркие звезды этих созвездий вы знаете?

#### Решение задания 1.

Это Юпитер в созвездии Тельца. Рядом ниже видно созвездие Орион, выше созвездие Возничего. Яркие звезды в созвездии Орион – Бетельгейзе ( $\alpha$ Ориона), Ригель ( $\beta$  Ориона). Яркая звезда в созвездии Возничего – Капелла ( $\alpha$  Возничего). Яркая звезда в созвездии Тельца – Альдебаран ( $\alpha$  Тельца).

Наиболее приметными созвездиями, которые находятся высоко над южной стороной неба, являются: Орион, западнее Телец, восточнее над Орионом Близнецы. У самого горизонта на юго-востоке сияет ярчайшая звезда земного неба Сириус. В Тельце хорошо видно рассеянное скопление звезд Плеяды. Над Тельцом, почти в зените виден Возничий с яркой Капеллой.

Ответ можно считать хорошим, если указан Юпитер в созвездии Тельца и созвездие Ориона.



**Задание 2.** 13 декабря наступило новолуние в 8 час. 42 мин. Когда наступит полнолуние?

**Решение задания 2.** Нужно вспомнить, что синодический месяц – период смены лунных фаз, равен 29,5 суток.

Полнолуние наступит 28 декабря в 10 час. 21 мин.

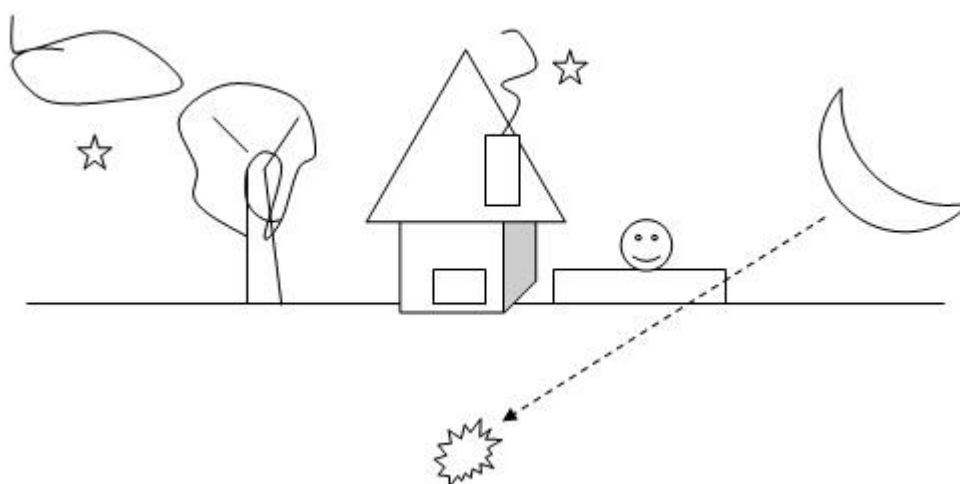
**Задание 3.** Что такое тропик Рака, где он расположен, каким астрономическим явлением он характеризуется, и почему его так называют?

**Решение задания 3.** Тропик Рака расположен на Земле, на параллели, соответствующей широте  $23,5^\circ$ . В местах расположенных на этой параллели Солнце бывает в зените раз в году в день летнего солнцестояния. В этот день Солнце вступает в знак Рака и зодиакальное созвездие Близнецы, в котором в настоящее время расположена точка летнего солнцестояния. В античные времена эта точка располагалась в созвездии Рака. Название тропика Рака оно получило по знаку и созвездию Рака.

**Задание 4.** На картине художника изображена Луна, которую он увидел на даче. Но он забыл написать утро это или вечер. Так как это было в Подмосковье, попробуйте определить и обосновать какое время суток утро или вечер изобразил художник?



**Решение задания 4.** Пунктиром на рисунке показано, что Солнце находится под горизонтом внизу левее, т.е. восточнее узкого серпа Луны.



Это означает, что, так как небесная сфера поворачивается с востока на запад, то при восходе вначале появляется Луна, а затем Солнце. Таким, образом, художник изобразил утро.

**Задание 5.** 2 января 2013 года Земля будет в перигелии, на расстоянии 147,7 млн.км от Солнца. Когда (примерно) Земля будет в афелии? Сделать поясняющий чертеж.

**Решение задания 5.** Земля в афелии будет 5 июля 2013 года на расстоянии 152,5 млн.км от Солнца.

Задачу можно считать решенной, если примерно указан месяц (лето) и на чертеже видно, что Солнце летом будет дальше. Учащиеся могут не указывать расстояния, на которых находится Земля от Солнца.



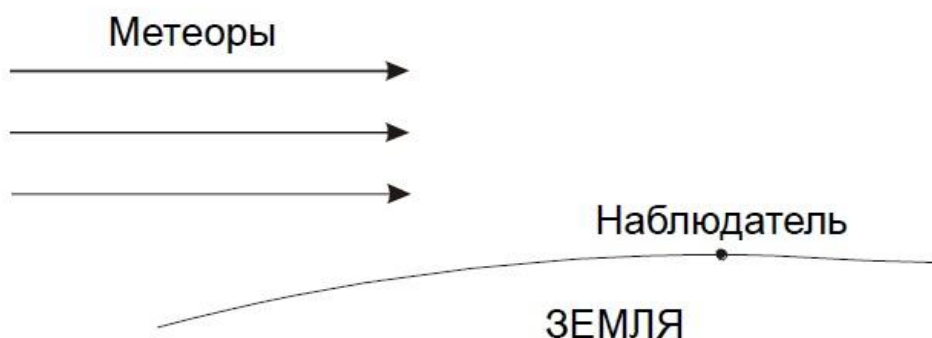
**Задание 6.** Во время мощных вспышек на Солнце выбрасываются облака горячей плазмы, скорость которых достигает 1500 км/с. Оцените время, за которое выброшенные облака плазмы достигнут Земли. Расстояние от Земли до Солнца 150000000 км, скорость света равна 300000 км/с.

**Решение задания 6.**  $t = 150000000 \text{ км} / 1500 \text{ км/с} = 100000 \text{ с} = 30 \text{ часов}$ .

**Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
**Окружной тур**  
**9 класс**

**Задание 1.** Один начинающий любитель астрономии рассказывал, что видел, как звезды «летели снизу вверх». Возможно ли такое? Ответ обоснуйте.

**Решение задания 1.** Такое вполне может быть. Если метеор летит горизонтально относительно наблюдателя (как показано на рисунке), приближаясь к нему, то он увидит его полет снизу вверх. Для «падающих звезд», относящихся к метеорным потокам, такая ситуация наступит, если радиант потока будет находиться вблизи горизонта.



**Задание 2.** Принимая длину экватора Земли равной 40000 км, найдите ошибку (в км) долготы положения на экваторе, если долгота определяется из показаний часов с ошибкой во времени 1 мин.

**Решение задания 2.** Точка, находящаяся на экваторе, как и вся поверхность Земли, завершает полный оборот вокруг оси вращения нашей планеты за 24 часа относительно Солнца и за 23ч56м – относительно звезд. Для оценки ошибки измерений данная разница несущественна. Если 24 часа соответствуют 40000 км, то 1 минута будет соответствовать 27,8 км. Именно таким будет расстояние между двумя точками экватора, на которых солнечный полдень наступит с интервалом в 1 минуту, и именно такой будет ошибка измерения долготы.

**Задание 3.** В какое время года Луна в полнолуние поднимается над горизонтом на максимальную высоту и почему?

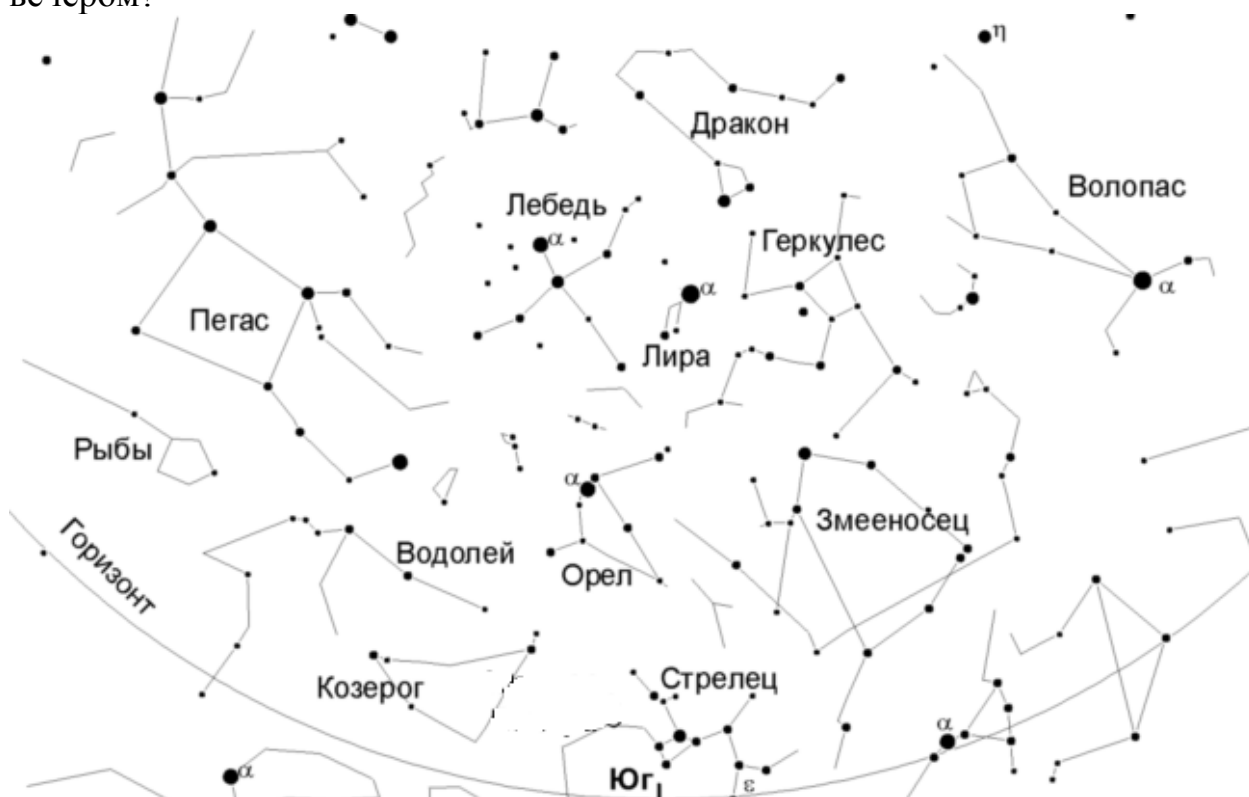
**Решение задания 3.**

Двигаясь по эклиптике, Солнце отходит дальше всего от экватора в сторону северного полюса мира 22 июня, при этом, Солнце поднимается на максимальную высоту. В день зимнего солнцестояния Солнце поднимается на минимальную высоту над горизонтом.

Поскольку в условии задания указано полнолуние, то Луна находится противоположно Солнцу. Луна движется почти по эклиптике (угол наклона к

эклиптике всего  $5^\circ$ ). Таким образом, зимой Луна поднимается выше над горизонтом, чем летом.

**Задание 4.** Перед вами вид звездного неба в 15 декабря в 14 часов для наблюдателя в Москве. Когда можно наблюдать такое звездное небо вечером?



**Решение**

Должен помочь в решении этой задачи «летний треугольник» ( $\alpha$ Лиры Вега,  $\alpha$ Лебеда Денеб и  $\alpha$ Орла Альтаир), который виден на юге. Такое звёздное небо можно наблюдать в Москве в августе в 23 часа.

**Задание 5.** До конца XIX в. некоторые ученые полагали, что источником энергии Солнца являются реакции горения, в частности, горения угля. Приняв, что теплота сгорания угля  $q = 10^7$  Дж/кг, масса Солнца  $M=2 \cdot 10^{30}$  кг, а светимость  $L=4 \cdot 10^{26}$  Вт, приведите веские доказательства неправильности этой гипотезы.

**Решение задания 5.**

Количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании угля

$$Q = q \cdot M = 2 \cdot 10^{37} \text{ Дж.}$$

Этого запаса хватит на время  $t = Q:L = 2 \cdot 10^{37} / 4 \cdot 10^{26} = 5 \cdot 10^{10} \text{ с} = 1700 \text{ лет.}$

Юлий Цезарь жил более 2000 лет назад, динозавры вымерли около 60 млн. лет назад, так, что за счет сгорания топлива Солнце светить не может. (Если, кто-то скажет о ядерном источнике энергии, то это будет дополнительным плюсом).

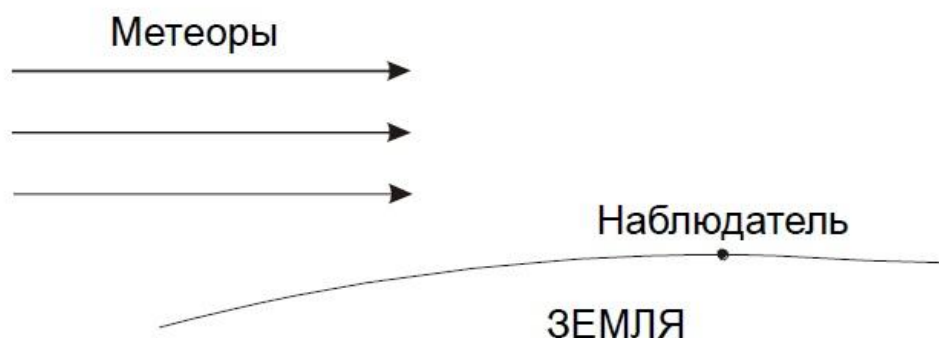
**Задание 6.** Размер нейтрона равен  $10^{-15}$  м, а его масса равна  $1,7 \cdot 10^{-27}$  кг, оцените радиус и плотность нейтронной звезды с массой в два раза большей массы Солнца. Масса Солнца равна  $2 \cdot 10^{30}$  кг.

**Решение задания 6.** В нейтронной звезде нейтроны плотно соприкасаются друг с другом, так, что расстояние между их центрами будет равно  $d$  диаметру нейтрона, а концентрация нейтронов будет обратно пропорциональна кубу расстояния между ними, т.е. концентрация  $n \approx 1/d^3 = 10^{45} \text{ м}^{-3}$ . Плотность равна  $\rho = n \cdot m_n = 1,7 \cdot 10^{18} \text{ кг/м}^3$ . Масса нейтронной звезды равна  $M = \rho \cdot 4/3\pi R^3$ . Из этой формулы имеем для радиуса нейтронной звезды величину  $R \approx (3 M/4\pi\rho)^{1/3} = 8 \cdot 10^4 \text{ м} \approx 10 \text{ км}$

**Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
**Окружной тур**  
**10 класс**

**Задание 1.** Один начинающий любитель астрономии рассказывал, что видел, как звезды «летели снизу вверх». Возможно ли такое? Ответ обоснуйте.

**Решение задания 1.** Такое вполне может быть. Если метеор летит горизонтально относительно наблюдателя (как показано на рисунке), приближаясь к нему, то он увидит его полет снизу вверх. Для «падающих звезд», относящихся к метеорным потокам, такая ситуация наступит, если радиант потока будет находиться вблизи горизонта.



**Задание 2.** Известно, что время наступления океанских приливов каждый день смещается примерно на 50 минут. Почему?

**Решение задания 2.** Время океанских приливов определяется положением Луны на небе. Двигаясь по орбите в сторону, противоположную видимому вращению звездного неба, Луна каждый день кульминирует примерно на 50 минут позже, чем в предыдущий день, завершая полный цикл за 29.5 дней – за синодический период Луны. На 50 минут смещается и время приливов.

**Задание 3.** Во время мощных вспышек на Солнце выбрасываются облака горячей плазмы, скорость которых достигает 1500 км/с, и которые в момент вспышки излучают мощный поток радиоволн. Оцените время, за которое выброшенные облака плазмы и радиоизлучение достигнут Земли. Расстояние от Земли до Солнца 150000000 км., скорость света равна 300 000 км/с.

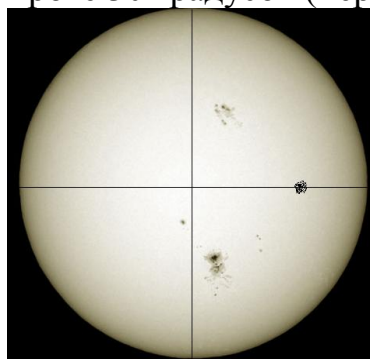
**Решение задания 3.** Выброс плазмы достигнет Земли  $t = 150000000 \text{ км} / 1500 \text{ км/с} = 100000 \text{ с} = 30 \text{ часов}$ . Всплеск радиоизлучения, которое распространяется со скоростью света, достигнет Земли через  $t = 150000000 \text{ км} / 300000 \text{ км/с} = 500 \text{ с} = 8 \text{ минут}$ .

**Задание 4.** Земля, двигаясь вокруг Солнца по эллиптической орбите, в январе бывает ближе к Солнцу почти на 5 млн. км, чем в июле. Так почему же в январе у нас холоднее, чем в июле?



**Решение задания 4.** Основная причина сезонных изменений температуры и климата на Земле связана с углом наклоном её оси вращения к плоскости орбиты вокруг Солнца (эклиптики), который составляет около  $66^\circ$ . Это определяет высоту Солнца над горизонтом (летом она выше) и продолжительность дня (летом день длиннее). Таким образом, летом больше солнечной энергии попадает на Землю в северном полушарии. Зимой наоборот. Для средней полосы это разница достигает несколько раз. А за счёт большей близости Земли к Солнцу зимой чем летом, разница в получаемом тепле составляет всего несколько процентов.

**Задание 5.** На сколько градусов солнечное пятно, расположенное вблизи экватора (период вращения равен 25 суткам) за один оборот обгонит другое пятно, расположенное на широте 30 градусов (период 26,3 суток).



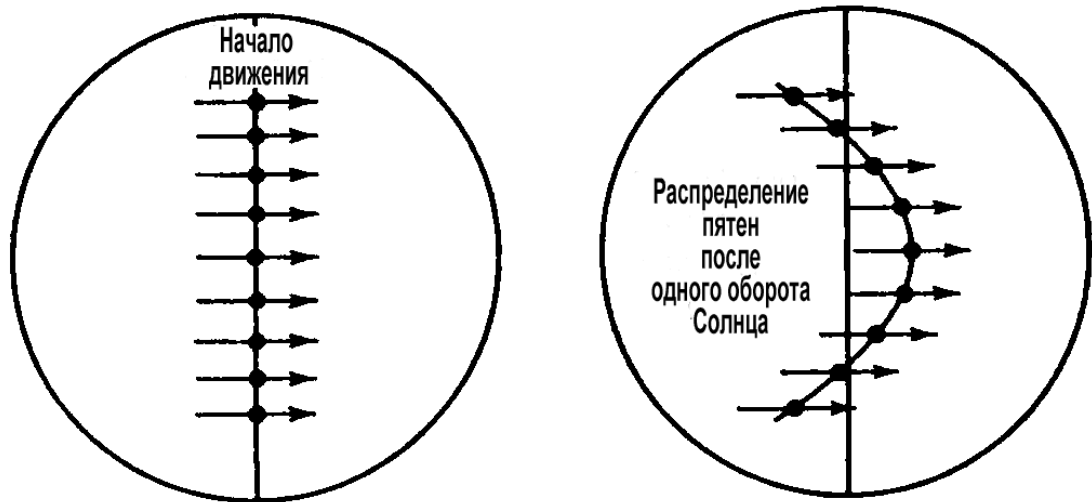
**Решение задания 5.**

Пусть оба пятна сначала находятся на центральном меридиане Солнца, то есть линии, соединяющей оба полюса и проходящей через видимый центр. Если пятно, имеющее большую широту, вращается медленнее, то пусть через 26,3 суток оно снова окажется на центральном меридиане. Значит, пятно, расположенное на экваторе, обгонит первое пятно на дугу, которое оно пройдет еще через 1,3 суток. За сутки экваториальное пятно проходит дугу в

$$\frac{360^\circ}{25 \text{ суток}} = 14,4^\circ$$

За 1,3 суток экваториальное пятно сместится на  $14,4^\circ \cdot 1,3 = 18,7^\circ$ .





**Задание 6.** Две нейтронные звезды обращаются вокруг общего центра масс по круговой орбите с периодом 7 часов. На каком расстоянии они находятся, если их массы больше массы Солнца в 1,4 раз? Масса Солнца  $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$  кг. Сравнить это расстояние с размерами Земли.

**Решение задания 6.** Звезды находятся на расстоянии  $2R$  друг от друга

$$F_{\text{грав.}} = G \cdot \frac{m^2}{(2R)^2}$$

С другой стороны,  $F = \frac{mV^2}{R}$

$$R = \sqrt[3]{\frac{GmT}{16\pi^2}} = 3 \cdot 10^6 \text{ м} \text{ Это меньше, чем размеры Земли } R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

**Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**  
**Окружной тур**  
**11 класс**

**Задание 1.** Венера вступила в тесное соединение с Марсом. У какой из двух планет видимый диаметр в это время больше?

**Решение задания 1.** Во время соединения Венера находится к нам ближе, чем Марс, вне зависимости от своей конфигурации. Диаметр Венеры больше диаметра Марса, следовательно, ее угловые размеры были также больше.

**Задание 2.** В 2002 году был открыт транснептуновый объект пояса Койпера Кварвар (англ. Quaoar, «кваоар») в созвездии Змееносца.

Кварвар был самым большим из тел Солнечной системы, обнаруженным с момента открытия Плутона в 1930 году до начала 2003. Расстояние Кварвара от Солнца в афелии 41,9 а.е., в перигелии 44,9 а.е. Как долго Кварвар будет перемещаться по созвездию Змееносца, если Солнцу для этого требуется около 20 суток?

**Решение задания 2.**

Среднее расстояние от Солнца

$$a = \frac{41,9 \text{ а.е.} + 44,9 \text{ а.е.}}{2} = 43,4 \text{ а.е.}$$

По третьему закону Кеплера

$$T_k^2 = a^3$$

$$T = \sqrt{(43,4)^3} = 286 \text{ лет}$$

Таким образом за год планета перемещается всего на  $360^\circ/286 = 1,25^\circ/\text{год}$  или на  $\sim 10''/\text{сутки}$ . Протяженность созвездия Змееносца составляет около  $10\text{-}20^\circ$  (это не нужно помнить, хотя бы грубо оценить), так что, все созвездие Кварвар пройдет примерно за 10-20 лет. (Плутон перемещается чуть быстрее, примерно на  $14''/\text{сутки}$ , его сидерический период обращения вокруг Солнца 248 лет)

**Задание 3.** Во сколько раз размеры звезды-сверхгиганта со светимостью  $10000 L_\odot$  больше, чем звезды главной последовательности, если их температуры одинаковы и равны  $5800^\circ$ ?

**Решение задания 3.**

Звезда главной последовательности с температурой  $5800^\circ$  - это Солнце.

Светимость Солнца  $L_\odot = 1$ .

$$L = \sigma T^4 4\pi R^2.$$

Их температуры равны.

Откуда радиус сверхгиганта в 100 раз больше радиуса звезды главной последовательности (Солнца).

**Задание 4.** Почему созвездие Рака носит именно такое название и как оно связано с точкой летнего солнцестояния, которая обозначается знаком созвездия Рака  $\text{♋}$ ? В каком созвездии в настоящее время расположена точка летнего солнцестояния? Когда удобно наблюдать созвездие Рака – зимой или летом?

И можно ли увидеть сегодня в Москве, в случае хорошей погоды, созвездие Рака?

**Решение.**

2 тысяч лет назад знаки зодиака совпадали с одноименными зодиакальными созвездиями. Причиной смещения знаков зодиака и одноименных зодиакальных созвездий является установленная еще Гиппархом Родосским во II веке до нашей эры прецессия, или предварение равноденствий. В ту далекую эпоху, во времена Гиппарха, точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Овна, поэтому была обозначена знаком этого созвездия, знаком Овна. Аналогично точка летнего солнцестояния находилась в созвездии Рака и обозначена его знаком  $\text{♋}$ , (ведь Солнце сначала становится каждый день все выше и выше весной, а летом, после летнего солнцестояния, все ниже и ниже, и знак Рака как бы олицетворял начало попятного движения). Сейчас точка летнего солнцестояния находится в созвездии Тельца.

Созвездие Рака можно наблюдать сегодня левее созвездия Близнецы на востоке. Если поздно ночью, то высоко над горизонтом, на юге.

**Задание 5.** Яркая туманность размером  $d = 1^\circ$  представляет собой остаток вспышки Сверхновой, произошедшей 10 тысяч лет назад. Сквозь туманность хорошо видны более далекие объекты, а в ее спектре видна яркая широкая линия водорода  $\text{H}\alpha$ , занимающая область длин волн от  $\lambda_{\min} = 6541$  до  $\lambda_{\max} = 6585$  ангстрем. Туманность подсвечивается находящейся неподалеку очень горячей звездой спектрального класса O, имеющей видимый блеск  $3^m$ . Оцените светимость этой звезды  $L$ .

**Решение задания 5.** Туманность, излучая свет, остается прозрачной, поэтому сквозь нее видны более далекие объекты. В центральной части туманности мы регистрируем излучение как ее передней части, движущейся по направлению к нам, так и удаляющиеся задние области. Скорость расширения туманности связана с длинами волн краев полосы  $\text{H}\alpha$  соотношением

$$v = \frac{\lambda_{\text{к}} - \lambda_{\text{л}}}{\lambda_{\text{к}} + \lambda_{\text{л}}}$$

из которого мы получаем значение скорости, равное 1000 км/с.

Считая эту скорость постоянной во времени, получаем, что за 10000 лет радиус туманности  $R = v \cdot t = 3,16 \cdot 10^{14}$  км или 10 пк. При этом ее видимый

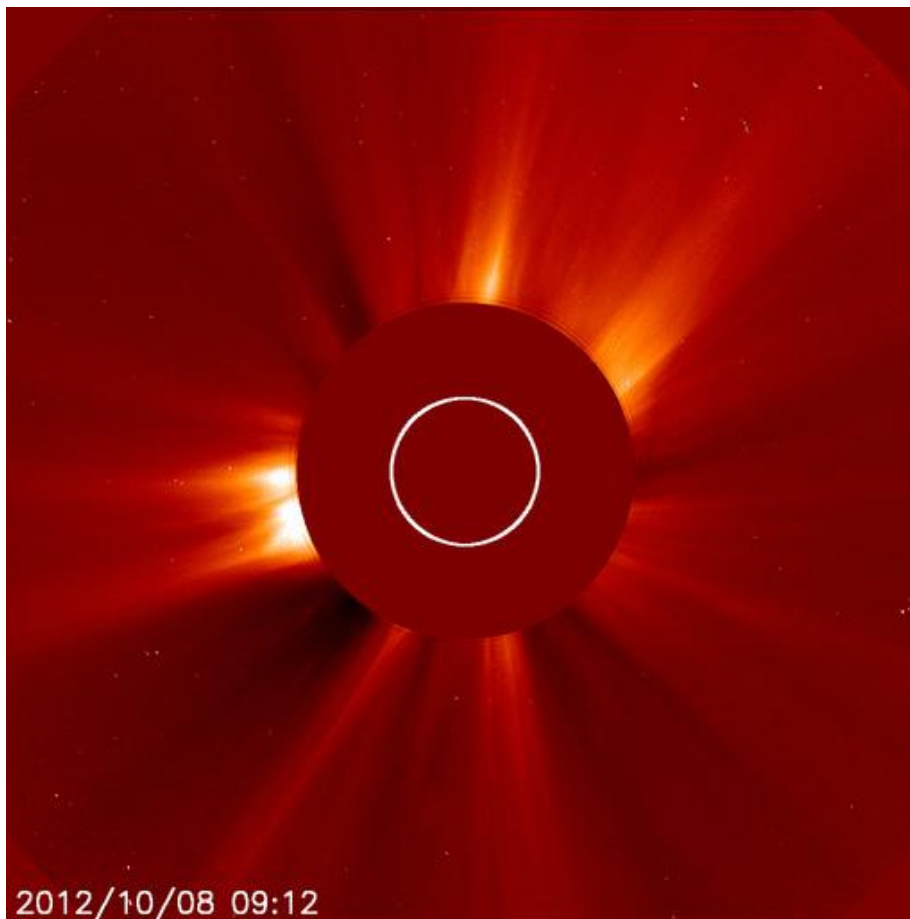
диаметр составляет  $d = 1^\circ$  или 0,017 радиан, из чего можно вычислить расстояние до туманности, равное  $r = (10 \cdot 2 / 0,017) = 1145$  пк.

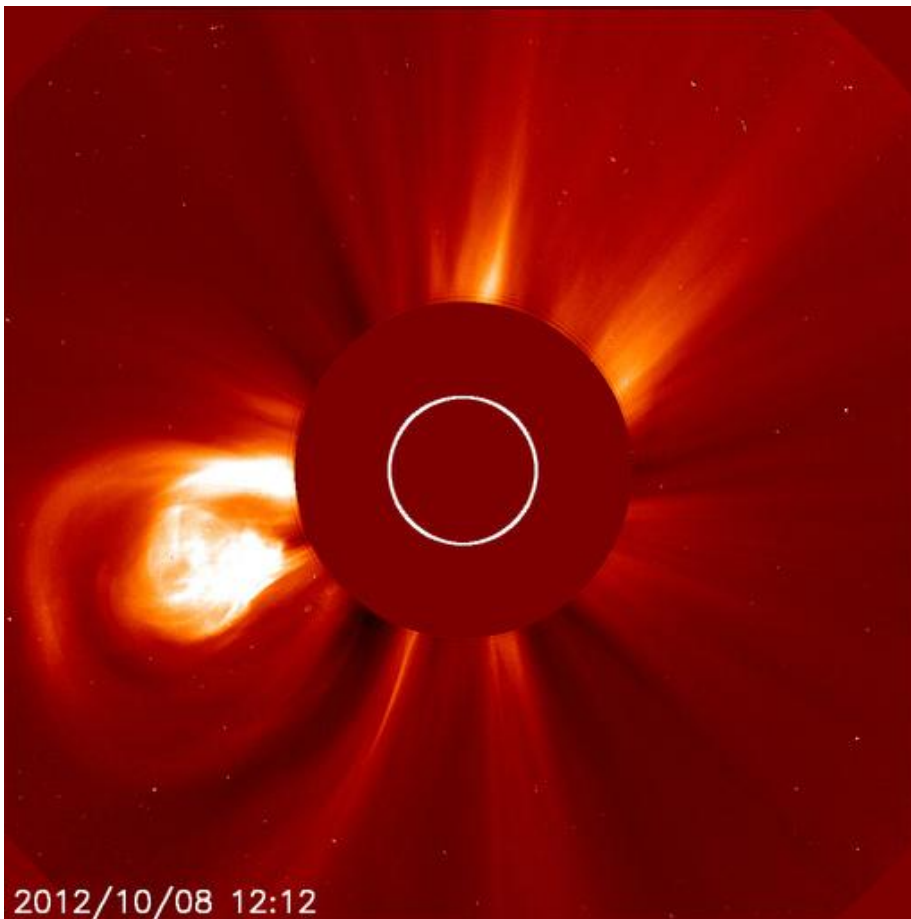
Вычислим абсолютную звездную величину горячей звезды, подсвечивающей туманность:

$$M = m + 5 - 5 \lg r = -7.3.$$

Светимость этой звезды в 64000 раз превосходит светимость Солнца.

**Задание 6.** Оцените размеры и скорость распространения коронального выброса массы (КВМ) 8 октября 2012 года. Изображения Солнца получены прибором LASCO C2, солнечная космическая обсерватория SOHO. Прибор LASCO C2 – внеатомный коронограф Large Angle Spectrometric Coronagraph, который получает изображения солнечной короны путём блокирования света, идущего прямо из Солнца, затемняющим диском (на изображении – тёмный кружок), создавая искусственное затмение. Белый кружок – Солнце. Дата и время – внизу, слева на каждом изображении.





### Решение задания 6.

Примерные размеры диаметра Солнца 17 мм

КВМ за этот промежуток времени распространился на 30 мм.

Время 12 час 12 мин – 9 час.12 мин. = 3 час = 10800 с

Составляем пропорцию

17 мм - 2·696000 км

30 мм – x км

$$\text{Расстояние } R = \frac{30 \cdot 2 \cdot 696000}{17} = 2456470 \text{ км} \sim 2,5 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$$\text{Скорость } v = \frac{2,5 \cdot 10^6 \text{ км}}{10800 \text{ с}} = 227 \text{ км/с}$$

Поскольку этот метод очень неточен, то можно считать верным ответ от 200 до 400 км/с.

В решении этой задачи самое главное, что школьники смогут найти время расширения на изображениях и сопоставить видимое изменение с движением КВМ.