

# Всероссийская олимпиада школьников по астрономии – 2009

## Региональный этап Задания и решения

### 9 класс

- 1. Условие.** Определите продолжительность гражданских сумерек в день равноденствия для наблюдателя на экваторе Земли. Видимыми размерами Солнца и атмосферными эффектами пренебречь.

**1. Решение.** В день равноденствия на экваторе Солнце движется по большому кругу небесной сферы, проходящему через зенит и горизонт. Восходит и заходит Солнце вертикально. Гражданские сумерки продолжаются, пока центр Солнца находится в пределах высот от  $-6^\circ$  до  $0^\circ$ . Скорость движения Солнца связанная с суточным вращением Земли составляет  $360^\circ$  в сутки или  $15^\circ$  в час. Угловое расстояние в  $6^\circ$  оно преодолет за 24 минуты, это и есть продолжительность гражданских сумерек на экваторе в день равноденствия.
- 2. Условие.** Некоторая звезда видна на небе в Москве в ночь 22-23 декабря с 10 часов вечера до 6 часов утра по московскому времени. В какое время ее можно будет увидеть в Москве в ночь 22-23 апреля?

**2. Решение.** 22-23 декабря в 10 часов вечера и в 6 часов утра в Москве продолжается ночь. Раз звезда видна между этими моментами, значит, она восходит в 10 часов вечера и заходит в 6 часов утра, оставаясь над горизонтом в течение 8 часов. Каждый последующий день звезда будет восходить и заходить примерно на 4 минуты раньше, а за месяц время восхода и захода сместится на 2 часа. По истечению 4 месяцев восход и заход звезды будут происходить на 8 часов раньше, то есть, звезда должна будет взойти в 14 часов, а зайти в 22 часа. Однако, в апреле уже будет действовать летнее время, и звезда будет находиться над горизонтом с 15 до 23 часов. Темнеть в Москве будет достаточно поздно, около 21 часа. В итоге, 22 апреля звезду можно будет наблюдать примерно с 21 до 23 часов по московскому времени.
- 3. Условие.** В исламском лунном календаре год состоит из 12 лунных месяцев, половина из которых состоит из 29 дней, половина – из 30 дней. За 30 лет в календарь вставляется 11 високосных дней. Определить, за какой промежуток времени в лунном календаре набегит лишний год по сравнению с григорианским календарем.

**3. Решение.** Лунный год  $T_L$  в исламском календаре составляет 12 лунных месяцев по 29.5 дней, то есть 354 дней, плюс еще  $(11/30)$  дней за счет добавления 11 високосных суток за 30 лет. Получившееся значение (354.3667 дней) практически совпадает с продолжительностью 12 синодических лунных периодов. Но эта величина на 10.8758 дней меньше

# Всероссийская олимпиада школьников по астрономии – 2009

## Региональный этап Задания и решения

продолжительности года по григорианскому календарю  $T_G$ . Предположим, что за  $N$  григорианских лет прошло  $(N+1)$  лет по лунному календарю. Тогда

$$N \cdot T_G = (N+1) \cdot T_L; \quad N = \frac{T_L}{T_G - T_L} = 32.58.$$

В итоге разница между исламским лунным и григорианским календарем составит целый год по прошествии 32.58 лет по григорианскому календарю или, то же самое, 33.58 лет по лунному календарю.

- 4. Условие.** Марсианский астроном, работающий в северном полушарии планеты, зафиксировал дни, когда склонение Солнца становится максимальным, и дни, когда Солнце пересекает марсианский небесный экватор, то есть дни солнцестояний и равноденствий. Пользуясь этими данными (пересчитанными на земное летоисчисление) определите, на какой астрономический сезон марсианского года и стадию сезона (начало, конец) приходится прохождение Марсом точек перигелия и афелия своей орбиты?

Зимнее солнцестояние	1 октября 2003 г.
Весеннее равноденствие	5 марта 2004 г.
Летнее солнцестояние	20 сентября 2004 г.
Осеннее равноденствие	22 марта 2005 г.
Зимнее солнцестояние	18 августа 2005 г.

- 4. Решение.** Из II закона Кеплера известно, что при движении по эллипсу наибольшая скорость достигается в точке перигелия, а наименьшая – в апоцентре. Моменты солнцестояний и равноденствий фиксируют положения Марса на орбите относительно Солнца, отстоящие на  $90^\circ$  друг от друга. Посчитаем продолжительность четырех астрономических сезонов:

Зима – 156 дней (здесь надо учесть, что 2004 год – високосный, т.е. в феврале 29 дней).

Весна – 199 дней.

Лето – 183 дня.

Осень – 149 дней.

Мы видим, что весна и лето значительно длиннее осени и зимы, при этом весна несколько длиннее лета, а осень несколько длиннее зимы. Из этого можно сделать вывод, что Марс будет проходить точку перигелия своей орбиты в конце самого короткого сезона – в

# Всероссийская олимпиада школьников по астрономии – 2009

## Региональный этап Задания и решения

марсианскую осень, незадолго до начала зимы, а точку афелия – в конце длинной марсианской весны.

**5. Условие.** 15 января 2009 года планета Венера оказалась в наибольшей восточной элонгации ( $47^\circ$ ). В каком созвездии она при этом находилась? В какой день в ближайшее время Венера будет наблюдаться рядом с Луной, если известно, что 26 января 2009 года на Земле произойдет кольцеобразное солнечное затмение?

**5. Решение.** Венера находится в наибольшей восточной элонгации, в  $47^\circ$  к востоку от Солнца вдоль эклиптики, опережая его в ходе годового движения. Данный отрезок чуть больше, чем 1.5-месячный путь Солнца или 1.5 дуги эклиптики, проходящей по одному зодиакальному созвездию. Солнце 15 января находится в восточной части созвездия Стрельца. Венера располагается вблизи точки эклиптики, где Солнце окажется на рубеже февраля и марта. Эта точка находится в созвездии Водолея. Венера в течение января 2009 года великолепно видна по вечерам в течение продолжительного времени.

Луна движется по небу вдоль эклиптики с запада на восток со средней угловой скоростью  $13^\circ$  в сутки. Солнце и Венера в наибольшей элонгации движутся в ту же сторону со скоростью  $1^\circ$  в сутки. В итоге, Луна как бы догоняет Венеру со скоростью около  $12^\circ$  в сутки. Чтобы преодолеть угловое расстояние в  $47^\circ$  (которое практически не изменяется в течение января) с этой скоростью, Луне потребуется около 4 дней. Поэтому, соединение Луны и Венеры наступит через 4 дня после новолуния. Ближайшее новолуние произойдет одновременно с солнечным затмением 26 января, а соединение Луны и Венеры состоится 30 января 2009 года.

**6. Условие.** Небольшая планета обращается вокруг центральной звезды по круговой орбите. На каждом обороте планеты в одной и той же точке ее орбиты она тесно сближается с одной и той же кометой, которая в этот момент проходит точку апоцентра своей орбиты и располагается на небе планеты в  $90^\circ$  от центральной звезды. Определите эксцентриситет орбиты кометы. Орбитальные периоды планеты и кометы различаются, взаимодействием планеты и кометы пренебречь.

**6. Решение.** Обозначим орбитальный период планеты через  $T$ . По завершению одного оборота планета возвращается в ту же точку своей орбиты. Сближения с кометой происходят строго через время  $T$ , значит, комета через этот период также возвращается в ту же точку пространства. Следовательно, комета за это время завершает целое число  $n$  оборотов вокруг

звезды, и ее орбитальный период равен  $T/n$ . По условию задачи, орбитальные периоды различаются, то есть  $n > 1$ .

В момент сближения комета находится рядом с планетой и видна на ее небе в  $90^\circ$  от центральной звезды. Следовательно, ее расстояние от звезды в пространстве практически совпадает с радиусом орбиты планеты  $R$ . Это же расстояние равно апоцентрическому расстоянию кометы. По III закону Кеплера большая полуось орбиты кометы равна

$$a = R \cdot (1/n)^{2/3}.$$

Апоцентрическое расстояние кометы составляет

$$R = a(1+e) = R \cdot (1/n)^{2/3} (1+e).$$

В итоге,

$$e = n^{2/3} - 1; \quad 0 \leq e \leq 1.$$

Решение существует только для одного целого  $n$ , превышающего единицу: при  $n=2$  получаем  $e=0.59$ . Орбитальный период кометы вдвое меньше орбитального периода планеты.

### 10 класс

**1. Условие.** В безлунные ночи в хорошую погоду на небе можно наблюдать зодиакальный свет, образованный межпланетной пылью, расположенной в плоскости Солнечной системы и подсвечиваемой Солнцем. В какой сезон зодиакальный свет лучше всего наблюдать по вечерам в средней полосе России?

**1. Решение.** Так как межпланетная пыль концентрируется к плоскости Солнечной системы, а Земля, с которой мы проводим наблюдения, тоже находится практически в этой же плоскости, зодиакальный свет будет виден на небе вблизи линии – проекции данной плоскости на небесную сферу. Эта линия практически совпадает с эклиптической и проходит через зодиакальные созвездия, отсюда и пошло название «зодиакальный свет».

Зодиакальный свет наблюдать тем лучше, чем выше над горизонтом располагается эклиптика. В наших широтах самое высокое положение эклиптики достигается во время верхней кульминации точки летнего солнцестояния, расположенной на границе созвездий Тельца и Близнецов. Верхняя кульминация этой точки приходится на вечернее время в

# Всероссийская олимпиада школьников по астрономии – 2009

## Региональный этап Задания и решения

конце зимы – начале весны. Этот сезон и является лучшим для вечерних наблюдений зодиакального света.

**2. Условие.** В средней полосе России самый ранний заход Солнца наблюдается в декабре. А в каком месяце самый ранний заход Солнца наблюдается на экваторе?

**2. Решение.** Казалось бы, на экваторе продолжительность светлого времени суток неизменна с точностью до одной минуты, и время захода Солнца круглый год должно быть одним и тем же. Однако вследствие существования уравнения времени моменты восхода, верхней кульминации и захода Солнца на экваторе все же изменяются в течение года. Самый ранний заход Солнца будет наблюдаться в тот момент, когда уравнение времени достигает минимума. Это имеет место в конце октября – начале ноября, уравнение времени составляет –16 минут.

**3. Условие.** Найдите суммарный блеск тройной звездной системы, состоящей из звезд 5, 6 и 8 звездной величины.

**3. Решение.** Пусть звезда 8<sup>m</sup> создает на Земле освещенность  $J$ . Тогда звезда 6<sup>m</sup> создаст освещенность  $(2.512)^2 \cdot J$ , а звезда 5<sup>m</sup> – освещенность  $(2.512)^3 \cdot J$ . Суммарная освещенность от трех звезд будет равна

$$J_0 = J + (2.512)^2 \cdot J + (2.512)^3 \cdot J = 23.16 \cdot J.$$

Звездная величина тройной системы будет равна

$$m = 8 - 2.5 \lg (23.16 \cdot J/J) = 4.6.$$

**4. Условие.** Марсианский астроном, работающий в северном полушарии планеты, зафиксировал дни, когда склонение Солнца становится максимальным, и дни, когда Солнце пересекает марсианский небесный экватор, то есть дни солнцестояний и равноденствий. Пользуясь этими данными (пересчитанными на земное летоисчисление) определите, на какой астрономический сезон марсианского года и стадию сезона (начало, конец) приходится прохождение Марсом точек перигелия и афелия своей орбиты?

Зимнее солнцестояние	1 октября 2003 г.
Весеннее равноденствие	5 марта 2004 г.
Летнее солнцестояние	20 сентября 2004 г.
Осеннее равноденствие	22 марта 2005 г.
Зимнее солнцестояние	18 августа 2005 г.

**4. Решение.** Из II закона Кеплера известно, что при движении по эллипсу наибольшая скорость достигается в точке перигелия, а наименьшая – в апоцентре. Моменты солнцестояний и равноденствий фиксируют положения Марса на орбите относительно Солнца, отстоящие на  $90^\circ$  друг от друга. Посчитаем продолжительность четырех астрономических сезонов:

Зима – 156 дней (здесь надо учесть, что 2004 год – високосный, т.е. в феврале 29 дней).

Весна – 199 дней.

Лето – 183 дня.

Осень – 149 дней.

Мы видим, что весна и лето значительно длиннее осени и зимы, при этом весна несколько длиннее лета, а осень несколько длиннее зимы. Из этого можно сделать вывод, что Марс будет проходить точку перигелия своей орбиты в конце самого короткого сезона – в марсианскую осень, незадолго до начала зимы, а точку афелия – в конце длинной марсианской весны.

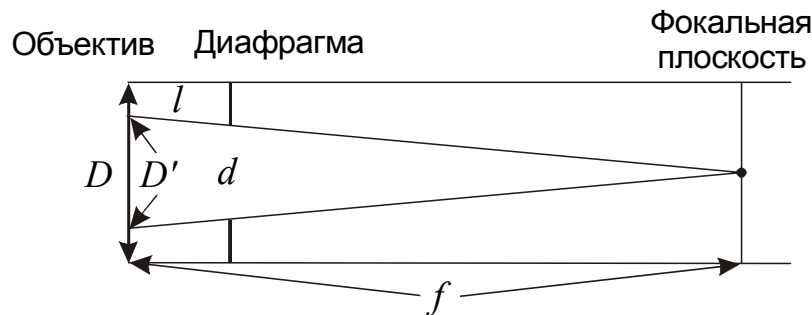
**5. Условие.** 15 января 2009 года планета Венера оказалась в наибольшей восточной элонгации ( $47^\circ$ ). В каком созвездии она при этом находилась? В какой день в ближайшее время Венера будет наблюдаться рядом с Луной, если известно, что 26 января 2009 года на Земле произойдет кольцеобразное солнечное затмение?

**5. Решение.** Венера находится в наибольшей восточной элонгации, в  $47^\circ$  к востоку от Солнца вдоль эклиптики, опережая его в ходе годового движения. Данный отрезок чуть больше, чем 1.5-месячный путь Солнца или 1.5 дуги эклиптики, проходящей по одному зодиакальному созвездию. Солнце 15 января находится в восточной части созвездия Стрельца. Венера располагается вблизи точки эклиптики, где Солнце окажется на рубеже февраля и марта. Эта точка находится в созвездии Водолея. Венера в течение января 2009 года великолепно видна по вечерам в течение продолжительного времени.

Луна движется по небу вдоль эклиптики с запада на восток со средней угловой скоростью  $13^\circ$  в сутки. Солнце и Венера в наибольшей элонгации движутся в ту же сторону со скоростью  $1^\circ$  в сутки. В итоге, Луна как бы догоняет Венеру со скоростью около  $12^\circ$  в сутки. Чтобы преодолеть угловое расстояние в  $47^\circ$  (которое практически не изменяется в течение января) с этой скоростью, Луне потребуется около 4 дней. Поэтому, соединение Луны и Венеры наступит через 4 дня после новолуния. Ближайшее новолуние произойдет

одновременно с солнечным затмением 26 января, а соединение Луны и Венеры состоится 30 января 2009 года.

6. **Условие.** В трубу телескопа-рефрактора с диаметром объектива 10 см и фокусным расстоянием 1 м на расстоянии 10 см от объектива вставлена диафрагма, в центре которой есть круглое отверстие диаметром 7 см. Каково отличие предельной звездной величины в центре поля зрения такого телескопа от аналогичной величины без диафрагмы при визуальных наблюдениях? Для чего такая диафрагма может быть необходима?
6. **Решение.** Диафрагма будет вырезать лучи света, преломленные краями линзы, уменьшая, тем самым, рабочий диаметр объектива, как показано на рисунке.



Определим эффективный диаметр объектива. Пусть  $D$  – диаметр объектива,  $D'$  – эффективный диаметр объектива,  $d$  – диаметр отверстия в диафрагме,  $f$  – фокусное расстояние, а  $l$  – расстояние от объектива до диафрагмы. Тогда из подобия треугольников

$$\frac{d}{f-l} = \frac{D'}{f}.$$

Отсюда,

$$D' = \frac{d \cdot f}{f-l} = 7.8 \text{ см.}$$

Предельная звездная величина для визуальных наблюдений может быть определена следующим образом:

$$m = m_0 - 5 \lg D_0 + 5 \lg D,$$

где  $m_0$  и  $D_0$  – предельная величина невооруженного глаза и его диаметр. Таким образом, для диаметра объектива  $D'$  получаем:

$$m - m' = 5 \lg D - 5 \lg D' = 5 \lg \frac{D}{D'} = 0.54.$$

Дополнительная диафрагма обычно вставляется для того, чтобы ослабить аберрации объектива, которые вносятся, в основном, краями линзы.

### 11 класс

**1. Условие.** Определите продолжительность гражданских сумерек для наблюдателя на экваторе и на полюсе Земли. Видимыми размерами Солнца и атмосферными эффектами пренебречь.

**1. Решение.** Если пренебречь видимыми размерами Солнца и атмосферными эффектами, то гражданские сумерки продолжаются, пока значение высоты Солнца находится в интервале от  $-6^\circ$  до  $0^\circ$ . На экваторе Солнце каждый день восходит и заходит, двигаясь при этом перпендикулярно горизонту. В течение сумерек оно проходит угловое расстояние, равное  $6^\circ$ . В дни равноденствий суточное движение Солнца происходит по большому кругу небесной сферы, проходящему через зенит и надир. Угловая скорость суточного движения Солнца составляет  $360^\circ$  в сутки или  $15^\circ$  в час. Соответственно, гражданские сумерки будут длиться 24 минуты.

В другие дни суточное движение Солнца будет происходить по малому кругу небесной сферы с меньшей угловой скоростью, и продолжительность гражданских сумерек несколько увеличится. В дни солнцестояний угловая длина суточного пути Солнца составит  $360^\circ \cdot \cos \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – угол наклона земного экватора к плоскости эклиптики. Угловая скорость суточного движения составит  $15^\circ \cdot \cos \varepsilon$  в час, а продолжительность гражданских сумерек –  $24 \text{ мин} / \cos \varepsilon$  или около 26 минут. В итоге, продолжительность гражданских сумерек на экваторе изменяется от 24 минут в дни равноденствий до 26 минут в дни солнцестояний.

На полюсах Земли ситуация сильно отличается. Суточное движение Солнца там не влияет на значение высоты Солнца над горизонтом, которая равна его склонению (для северного полюса) или противоположна склонению (для южного полюса). Гражданские сумерки будут наступать лишь дважды в год и будут определяться годичным движением Солнца по эклиптике. Его угловая скорость составляет  $360^\circ$  за тропический год или  $0.9856^\circ$  в день. Вблизи равноденствий, когда наступают сумерки, годичное движение Солнца происходит под углом  $\varepsilon$  к горизонту. Скорость изменения склонения и высоты Солнца составляет  $0.9856^\circ \cdot \sin \varepsilon$  или  $0.3920^\circ$  в сутки. Деля  $6^\circ$  на эту величину, получаем продолжительность гражданских сумерек на полюсах Земли: около 15.3 суток.



**2. Условие.** В каком случае продолжительность центрального покрытия звезды Луной (покрытия, при котором звезда проходит за центром диска Луны) больше – если Луна находится в перигее (видимый диаметр 33.5') или в апогее (видимый диаметр 29.5') орбиты и во сколько раз? Эффектами осевого вращения Земли пренебречь.

**2. Решение.** С первого взгляда может показаться, что вблизи перигея орбиты Луна, имеющая больший угловой диаметр, будет покрывать звезду на большее время. На самом деле, ситуация противоположна. Если пренебречь эффектами осевого вращения Земли и считать наблюдателя неподвижным, то продолжительность центрального покрытия звезды будет равна интервалу времени, за которое Луна в ходе своего орбитального движения преодолет расстояние, равное собственному диаметру. Иными словами, продолжительность центрального покрытия обратно пропорциональна величине тангенциальной скорости Луны. А по II закону Кеплера (или по закону сохранения момента импульса) тангенциальная скорость обратно пропорциональна расстоянию от Земли до Луны. В итоге, продолжительность центрального покрытия звезды прямо пропорциональна расстоянию от Земли до Луны и будет больше, когда Луна находится в апогее, нежели когда она в перигее.

Отношение расстояний до Луны в апогее и перигее можно вычислить как отношение видимых диаметров Луны в перигее и апогее, оно составляет 1.136. Именно таким и будет отношение продолжительности центральных покрытий звезд Луной в апогее и перигее орбиты.

**3. Условие.** На земном небе есть 14 звезд ярче  $1^m$ , примерно в 3 раза больше звезд с блеском от  $1^m$  до  $2^m$ , еще в 3 раза больше звезд от  $2^m$  до  $3^m$  и т.д. Можно ли поверить любителю астрономии, который утверждал, что видел Венеру, сияющую столь же ярко, как все звезды ночного неба, видимые глазом, вместе взятые?

**3. Решение.** Примем, что блеск каждой из 14 звезд ярче  $1^m$  составляет  $0.5^m$ , и обозначим освещенность от одной такой звезды через  $J$ . Освещенность от всех 14 звезд составит  $14 \cdot J$ . Примем далее, что блеск всех звезд от  $1^m$  до  $2^m$  составляет  $1.5^m$ . Тогда освещенность от одной такой звезды составит  $J/2.512$ , а от всех звезд этого блеска (их всего  $14 \cdot 3$ ) –  $14 \cdot J \cdot (3/2.512)$ . Учитывая, что глазом видны звезды до  $6^m$  и продолжая эту процедуру для звезд  $2.5^m$ ,  $3.5^m$ ,  $4.5^m$  и  $5.5^m$ , получаем значение освещенности от всех звезд, видимых глазом, как суммы геометрической прогрессии:

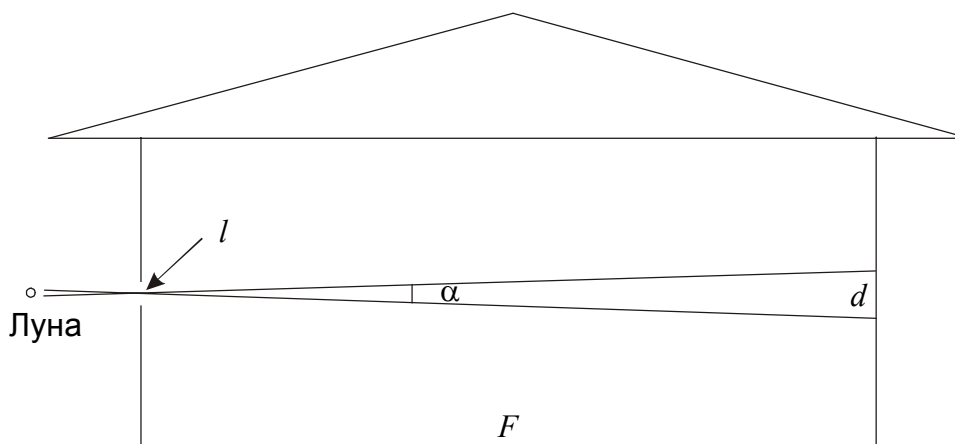
$$J_0 = J \cdot 14 \cdot \left( 1 + \frac{3}{2.512} + \dots + \left( \frac{3}{2.512} \right)^5 \right) = J \cdot 14 \cdot \frac{\left( \frac{3}{2.512} \right)^6 - 1}{\frac{3}{2.512} - 1} = J \cdot 137.$$

Вспомним, что освещенность  $J$  соответствует звездной величине  $0.5^m$ , и определим звездную величину всех звезд ночного неба, вместе взятых:

$$m_0 = 0.5 - 2.5 \lg 137 = -4.8.$$

Эта величина в точности равна звездной величине Венеры в максимуме ее блеска. Любитель астрономии говорил правду. Его слова становятся еще более справедливыми, если учесть, что над горизонтом находится только половина всех звезд с суммарным блеском около  $-4.1^m$ , что близко к средней звездной величине Венеры.

4. **Условие.** Луну, находящуюся невысоко над горизонтом, наблюдают с помощью камеры-обскуры – темной комнаты длиной 4 метра, в стене которой проделано отверстие диаметром 1 см, которое служит объективом камеры. Оцените, во сколько раз отличается освещенность изображения Луны в камере-обскуре от освещенной Луной внешней стены дома.
4. **Решение.** Отверстие камеры-обскуры представляет собой аналог объектива телескопа. Диаметр входного отверстия камеры определяет количество света, участвующего в построении изображения. Аналогом фокусного расстояния является размер камеры (темной комнаты).



Пренебрежем искажением изображения Луны при проецировании его на стену. Тогда, изображение Луны на стене комнаты будет иметь диаметр  $d = F \cdot \operatorname{tg} \alpha$ , где  $\alpha$  – угол, под которым видна Луна на небе ( $0.5^\circ$ ), а  $F$  – длина камеры. Диаметр изображения Луны

оказывается равным 35 мм. Весь свет от Луны, прошедший через входное отверстие камеры с диаметром  $l$ , участвует в построении этого изображения. Если обозначить освещенность от Луны на внешней стороне дома через  $J_0$ , то освещенность в пятне составит

$$J = J_0 \frac{\pi l^2 / 4}{\pi d^2 / 4} = J_0 \frac{l^2}{d^2} = J_0 \cdot 0.08.$$

Освещенность от Луны в пятне будет примерно в 12.5 раз меньше освещенности на внешней стороне дома.

**5. Условие.** Красная звезда по диаметру в 2 раза больше своей голубой соседки по двойной системе. Какая из звезд излучает больше энергии? Оцените, во сколько раз. Ответ поясните.

**5. Решение.** Значение температуры поверхности звезды красного цвета заключено в пределах от 3000 до 4000 К, а звезд голубого цвета от 20000 до 30000 К. По закону Стефана-Больцмана светимость звезды составляет  $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ , где  $R$  и  $T$  – ее радиус и температура. Для отношения светимостей звезд получаем:

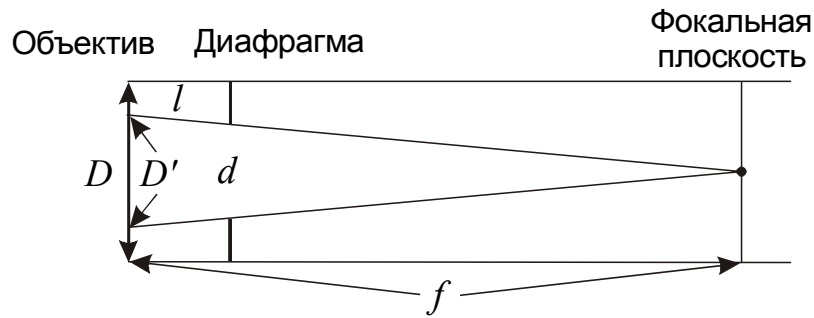
$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2} \times \frac{T_1^4}{T_2^4} = \frac{1}{4} \frac{T_1^4}{T_2^4},$$

где индекс 1 относится к голубой звезде, а индекс 2 – к красной. В зависимости от принятых значений температуры отношение светимостей составит от 150 до 2500.

Можно попытаться определить тип каждой из звезд. Для этого надо учесть условие, что красная звезда в 2 раза больше голубой, накладывает ограничения на возможное сочетание в этой паре звезд разных типов. Голубая звезда не может быть горячим белым карликом, так как в этом случае красная звезда (даже если это красный карлик) будет иметь значительно большие размеры. Следовательно, горячая звезда – яркий голубой гигант или сверхгигант, а красная звезда в этом случае будет красным гигантом.

**6. Условие.** В трубу телескопа-рефрактора с диаметром объектива 10 см и фокусным расстоянием 1 м на расстоянии 10 см от объектива вставлена диафрагма, в центре которой есть круглое отверстие диаметром 7 см. Каково отличие предельной звездной величины в центре поля зрения такого телескопа от аналогичной величины без диафрагмы при визуальных наблюдениях? Для чего такая диафрагма может быть необходима?

**6. Решение.** Диафрагма будет вырезать лучи света, преломленные краями линзы, уменьшая, тем самым, рабочий диаметр объектива, как показано на рисунке.



Определим эффективный диаметр объектива. Пусть  $D$  – диаметр объектива,  $D'$  – эффективный диаметр объектива,  $d$  – диаметр отверстия в диафрагме,  $f$  – фокусное расстояние, а  $l$  – расстояние от объектива до диафрагмы. Тогда из подобия треугольников

$$\frac{d}{f-l} = \frac{D'}{f}.$$

Отсюда,

$$D' = \frac{d \cdot f}{f-l} = 7.8 \text{ см.}$$

Предельная звездная величина для визуальных наблюдений может быть определена следующим образом:

$$m = m_0 - 5 \lg D_0 + 5 \lg D,$$

где  $m_0$  и  $D_0$  – предельная величина невооруженного глаза и его диаметр. Таким образом, для диаметра объектива  $D'$  получаем:

$$m - m' = 5 \lg D - 5 \lg D' = 5 \lg \frac{D}{D'} = 0.54.$$

Дополнительная диафрагма обычно вставляется для того, чтобы ослабить aberrации объектива, которые вносятся, в основном, краями линзы.