

## 10 класс

**1. Условие.** Звезда, находящаяся на расстоянии 9 пк, имеет видимую звездную величину  $8^m$ . Какую видимую звездную величину будет иметь та же звезда, если наблюдать ее с расстояния 27 пк?

### 1. Решение.

По закону обратных квадратов при увеличении расстояния до объекта в 3 раза получаемый световой поток уменьшается в  $3^2=9$  раз.

Используем закон Погсона:  $m - m_0 = 2,5 \lg (E_0/E) = 2,5 \lg (9) = 2,4^m$ .

То есть  $m = 8 + 2,4 = 10,4^m$ .

Также можно приближённо сказать, что отношение потоков близко к 10, а известно, что при уменьшении освещённости в 10 раз видимая звёздная величина увеличивается на 2,5. Это решение, при наличии достаточно подробной аргументации, и полученный ответ  $10,5^m$  также оцениваются в полном объёме без снятия баллов.

### 1. Критерии оценивания.

2 балла – закон обратных квадратов и вывод об уменьшении освещённости в 9 раз,

4 балла – закон Погсона и получение разности звёздных величин (2 балла за верно написанную формулу, 2 балла за численные расчёты) **либо** приближение отношения потоков числом 10 и аргументированный вывод о разности звёздных величин на  $2,5^m$

2 балла — верно полученный ответ (любым способом)

**2. Условие.** На поверхности Земли «нарисован» треугольник, одна вершина которого расположена в точке пересечения меридиана Новосибирска (83 в.д.) и экватора, другая — в точке пересечения экватора и меридиана

Владивостока (131 в.д.). Углы при каждой из этих двух вершин равны по 90 градусов. Чему равен угол при третьей вершине этого треугольника и где она может находиться? Нарисуйте схему.

**2. Решение.** Так как одной из сторон треугольника, очевидно, является экватор, можно заметить, что две остальных стороны — это новосибирский и владивостокский меридианы (только меридианы пересекают экватор под прямым углом). Следовательно, третьей вершиной треугольника могут быть только точки пересечения меридианов, т.е. северный или южный географические полюса Земли. Угол при третьей вершине совпадает с углом между плоскостями двух меридианов, который, в свою очередь, равен разности долгот этих меридианов. Таким образом, третий угол равен 48 градусов.

## **2. Критерии оценивания**

3 балла — схема меридианов на сфере;

1 балл — сторона треугольника проходит по экватору;

2 балла — третья точка треугольника — Северный или Южный полюс; при упоминании только одного варианта — 1 балл;

2 балла — расчёт угла между меридианами.

**3. Условие.** Один любитель астрономии, отдыхая как-то на Суматре (Индонезия), купался ночью в океане и увидел полную Луну над горизонтом. На следующий день он снова купался в то же время, но Луна была уже точно на горизонте. По этим данным оцените, на какой высоте над горизонтом находилась Луна днем раньше.

**3. Решение.** Луна совершает полный оборот вокруг Земли за 27.3 суток. Поэтому за одни сутки она пройдет расстояние, равное  $360/27.3 \approx 13$  градусов. Так как описываемые события происходят в экваториальной области Земли, то

можно считать, что орбита Луны практически перпендикулярна горизонту. Значит, ее высота в прошлый день составляла как раз 13 градусов.

### **3. Критерии оценивания.**

2 балла — указание, что Индонезия находится близко к земному экватору

2 балла — указание, что в экваториальных широтах для оценки орбиту Луны можно считать перпендикулярной горизонту (если такого указания нет, эти баллы не ставятся даже при получении правильного ответа)

2 балла — расчёт орбитального смещения Луны за 1 сутки (при использовании синодического периода 29,5 суток вместо сидерического баллы не ставятся)

2 балла — итоговый ответ; в данном пункте баллы ставятся как за ответ 13 градусов, полученный из сидерического периода (27,3 суток), так и за ответ 12,2 градуса, полученный при использовании синодического периода (29,5 суток).

**4. Условие.** АМС «Вояджер-2», находящийся сейчас на расстоянии 138 а.е. от Солнца, наблюдает Сатурн в верхнем соединении. Оцените видимую звездную величину Сатурна для «Вояджера-2».

**4. Решение.** Расстояние от «Вояджера-2» до Сатурна в этой ситуации равно  $138 + 9,5 = 147,5$  а.е. На Земле, когда Сатурн в противостоянии, условия его освещенности такие же, но расстояние от Земли до него  $9,5 - 1 = 8,5$  а.е. Различие в расстоянии в  $147,5/8,5 = 17$  раз, соответствует различию в освещенности примерно в 300 раз.

По закону Погсона, такое различие в освещенности соответствует различию в видимой звездной величине в  $2,5 \lg 300 = 6,2^m$ . При наблюдении с Земли максимальная видимая звездная величина Сатурна составляет  $-0,24^m$ , значит «Вояджер-2» увидит Сатурн, как объект  $+6^m$ .

#### 4. Критерии оценивания

1 балл — вычисление расстояния до Сатурна

2 балла — выбор «земной» конфигурации Сатурна для сравнения (противостояние); при выборе любой другой конфигурации эти баллы ставятся, только если в дальнейшем решении верно учтена наблюдаемая фаза Сатурна и вычислена поправка к его видимой звёздной величине

1 балл — отношение расстояний

1 балл — закон обратных квадратов, отношение освещённостей

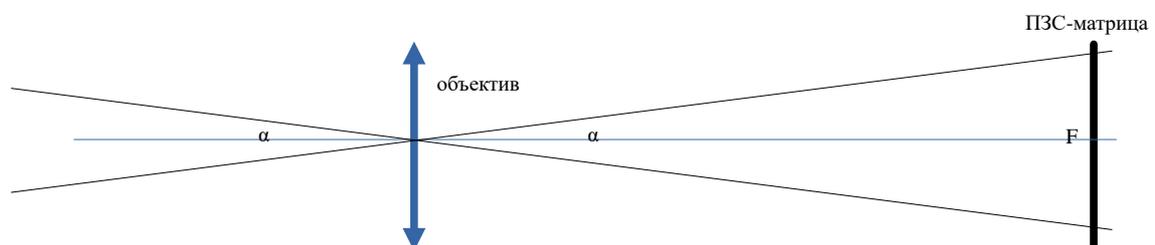
2 балла — разница звёздных величин через закон Погсона (допустимая точность —  $0,2^m$ )

1 балл — итоговый ответ (допустимая точность —  $0,2^m$ )

**5. Условие.** Изображение Плутона, полученное при наблюдении в телескоп, имеет размеры  $6 \times 6$  пикселей на ПЗС-матрице. Размеры пикселя —  $18 \text{ мкм} \times 18 \text{ мкм}$ . Оцените фокусное расстояние телескопа. Нарисуйте оптическую схему хода лучей. Дифракцию не учитывайте.

#### 5. Решение.

Примерная схема хода лучей показана на рисунке.



Диаметр изображения Плутона равен  $6 \cdot 18 \text{ мкм} = 108 \text{ мкм}$ .

Поскольку телескоп с ПЗС-матрицей не имеет окуляра, угловой размер Плутона равен угловому размеру изображения Плутона при наблюдении из центра входного отверстия.

Из подобия треугольников «Плутон – центр объектива» и «изображение – центр объектива» можем сразу оценить требуемое фокусное расстояние:

$$\frac{40 \text{ а. е.} \cdot 108 \text{ мкм}}{2380 \text{ км}} \approx 270 \text{ м.}$$

### **5. Критерии оценивания.**

Ответ без обоснования, в диапазоне 100-350 м – 1 балл итого за задачу.

2 балла — построение хода лучей (например, рисунок «объект-объектив-фокальная плоскость»)

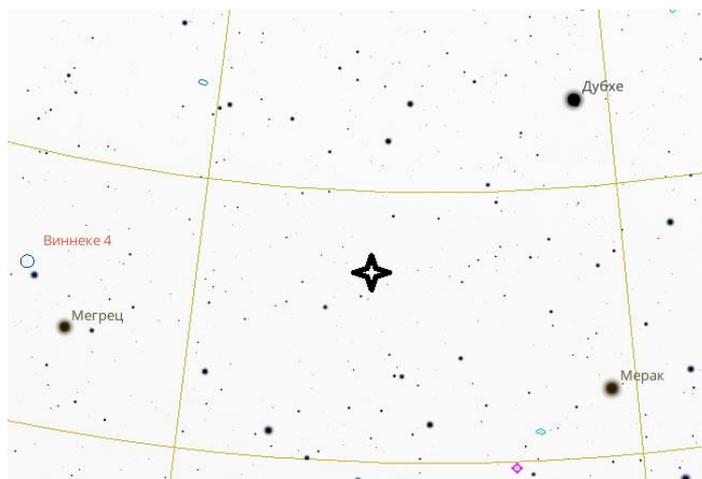
2 балла — вывод о равенстве угловых размеров объекта и изображения или о подобии треугольников

2 балла — выражение для фокусного расстояния, аналогичное приведенному выше

2 балла — итоговый ответ

Арифметические ошибки в правильном и полном решении – минус 1-2 балла за каждую.

**6. Условие.** Наблюдая ночное небо, вы внезапно заметили вспышку явно неземного происхождения и отметили на обрывке звездной карты её местоположение относительно ярких звезд (ваша отметка — это фигура в центре рисунка). Определите с хорошей точностью координаты источника вспышки — склонение и прямое восхождение. В каком созвездии произошла вспышка?



Координаты ярких звёзд на карте:

- Дубхе —  $\delta = +61^{\circ} 45' 03''$ ,  $\alpha = 11\text{ч } 03\text{м } 44\text{с}$
- Мерак —  $\delta = +56^{\circ} 22' 57''$ ,  $\alpha = 11\text{ч } 04\text{м } 51\text{с}$
- Мегрец —  $\delta = +57^{\circ} 01' 57''$ ,  $\alpha = 12\text{ч } 15\text{м } 26\text{с}$

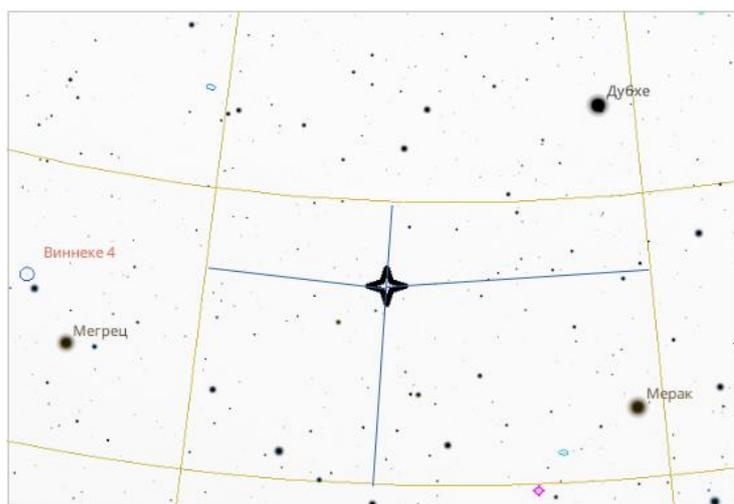
## 6. Решение

Дубхе, Мегрец и Мерак — три ярких звёзды ковша Большой Медведицы.

То есть дело происходит в северном полушарии, и по линиям на фрагменте звёздной карты понятно, что горизонтальные дуги — это линии постоянного склонения, а вертикальные прямые — это линии постоянного прямого восхождения.

Заметим также, что прямое восхождение звезды больше, чем у Дубхе и Мерака. Это означает, что прямое восхождение растёт справа налево, не так, как обычная горизонтальная ось координат.

По координатам звёзд легко понять, что правая вертикальная линия соответствует прямому восхождению 11ч, а левая — прямому восхождению 12ч. Аналогично понимаем, что верхняя дуга — это линия склонения  $+60^{\circ}$ , а нижняя —  $+50^{\circ}$ .



Проведём четыре перпендикуляра к линиям из точки вспышки. Длины этих отрезков с хорошей точностью равны длинам соответствующих дуг, то есть по отношению длин отрезков можно определить координаты вспышки по склонению и прямому восхождению.

Отношение длин горизонтальных отрезков равно  $7 / 10$ , вертикальных —  $4 / 15$ . Это означает, что склонение точки вспышки равно  $50^\circ + 15 / (4+15) \cdot 10^\circ = 57,9^\circ$ . Аналогично, прямое восхождение (отсчитывается справа налево!) равно  $11\text{ч} + 10 / (10+7) \cdot 1\text{ч} = 11,59\text{ ч} = 11\text{ч } 35\text{м}$ .

Участники имеют право пользоваться другими методами геометрического определения координат, дающими сравнимую точность ( $\pm 1^\circ$  по склонению,  $\pm 5\text{м}$  по прямому восхождению).

## 6. Критерии оценивания

2 балла — созвездие Большой Медведицы

2 балла — привязка линий на карте к «круглым» значениям склонения и прямого восхождения; если линии прямого восхождения перепутаны, 1 балл

2 балла — вычисление относительной позиции точки вспышки по склонению и прямому восхождению через отношение длин отрезков, либо другим аналогичным способом

2 балла — вычисление точных координат — 1 б за склонение, 1 б за прямое восхождение.