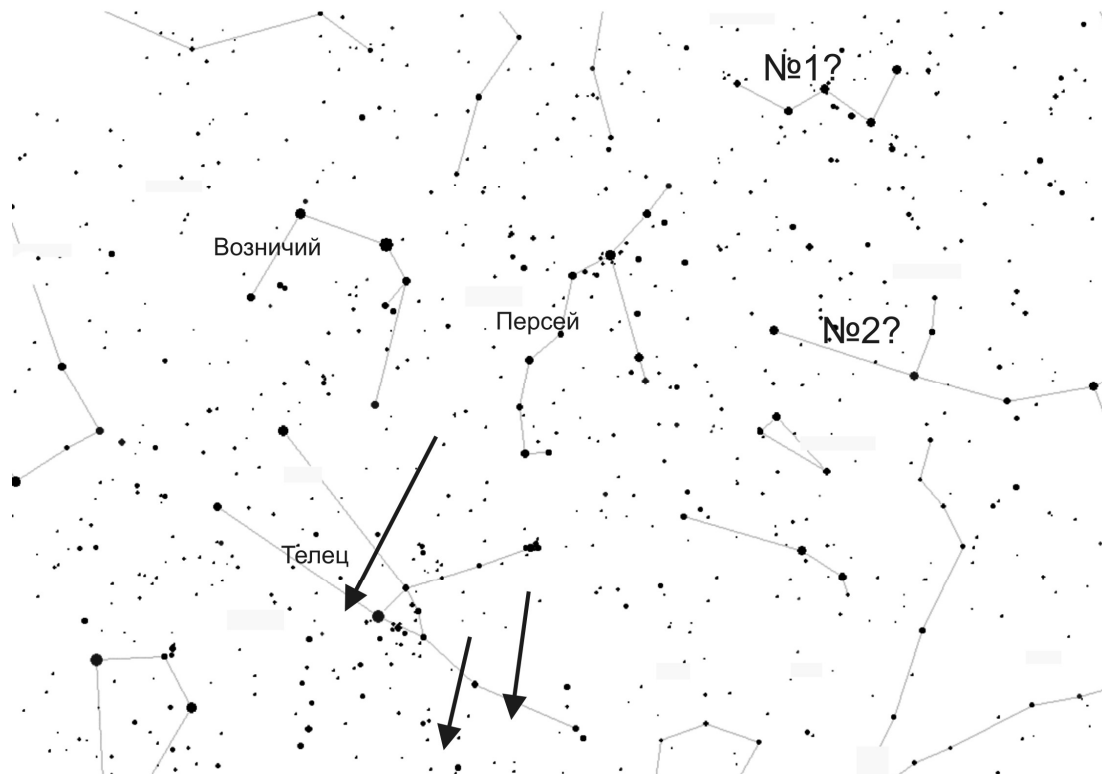




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ. 2019–2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС

Задача 1

На рисунке приведён фрагмент карты звёздного неба с нанесёнными на неё следами трёх метеоров, наблюдавшихся 10 августа. Напишите название метеорного потока, к которому принадлежат эти метеоры. Опишите, как Вы это определили. Как называются созвездия, обозначенные знаками вопроса?



Решение

Метеорный поток называется Персеиды. Для того чтобы это определить, требуется нарисовать продолжение метеорных следов в сторону, откуда летел метеор, и найти точку их пересечения. Эта точка – радиант метеорного потока. Обычно название потоку даётся по названию созвездия, в котором находится радиант (для справки: на самом деле радиант Персеид находится в малозаметном созвездии Жираф на самой границе с Персеем). Поток Персеиды действует в августе, когда Земля, двигаясь по своей орбите, пересекает орбиту разрушившейся кометы – прародительницы потока. Тем не менее, одновременно с Персеидами могут действовать и другие менее известные метеорные потоки, поэтому определение потока по дате не является полностью верным.

Созвездие №1 – Кассиопея; созвездие №2 – Андромеда.

Критерии оценивания

- Верное указание названия метеорного потока оценивается в **+3 балла**.
- Верное указание названия созвездий оценивается в **+1 балл за каждое**.
- За верное описание способа определения названия метеорного потока ставится **+3 балла** (должно быть упоминание о точке пересечения продолжений следов – просто слов о том, что надо посмотреть, из какого созвездия вылетели метеоры, недостаточно).
- Указание на то, что в августе действует именно метеорный поток Персеиды (при отсутствии верного описания способа определения названия) оценивается в **+1 балл**.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 2

На каких широтах из приведённых ниже могут наблюдаться восходы Полярной звезды ($\alpha = 2^{\text{h}} 32^{\text{m}}$, $\delta = +89^{\circ} 16'$)? Влиянием атмосферы Земли пренебречь.

- 1) больше $89^{\circ} 16'$ с.ш.
- 2) меньше $89^{\circ} 16'$ с.ш.
- 3) $00^{\circ} 16'$ с.ш.
- 4) $0^{\circ} 00'$
- 5) $00^{\circ} 16'$ ю.ш.
- 6) $2^{\text{h}} 32^{\text{m}}$
- 7) ни на каких

Ответ: 3 4 5

Примечание: в отсутствие атмосферы (точнее, атмосферной рефракции) Полярная звезда, находясь близко к полюсу Мира, восходит и заходит в очень узкой полосе широт, отстоящей от экватора на $\pm(90^{\circ} - 89^{\circ} 16' = 44')$. Варианты 3-5 лежат как раз внутри этой полосы.

Критерии оценивания

- По **+3 балла** за варианты 3 и 5.
- Вариант 4 оценивается в **+2 балла**.
- За указание любого другого варианта по **минус 1 баллу** (итоговая оценка не может быть отрицательной).
- Указание в качестве ответа одновременно всех вариантов с 1 по 7 оценивается в **0 баллов**.
- Указание в качестве ответа одновременно всех вариантов с 1 по 6 оценивается в **0 баллов**.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 3

Расставьте приведённые ниже группы звёзд в порядке уменьшения их численности в нашей Галактике.

- 1) белые карлики
- 2) жёлтые карлики (т.е. звёзды главной последовательности F-G классов)
- 3) голубые гиганты
- 4) красные карлики

Ответ: 4213

Критерии оценивания

- Верная последовательность оценивается в **8 баллов**.
- Если последовательность отличается от указанной:
 - за расположение №4 на первом месте ставится **+3 балла**;
 - за расположение №3 на последнем месте ставится **+3 балла**.

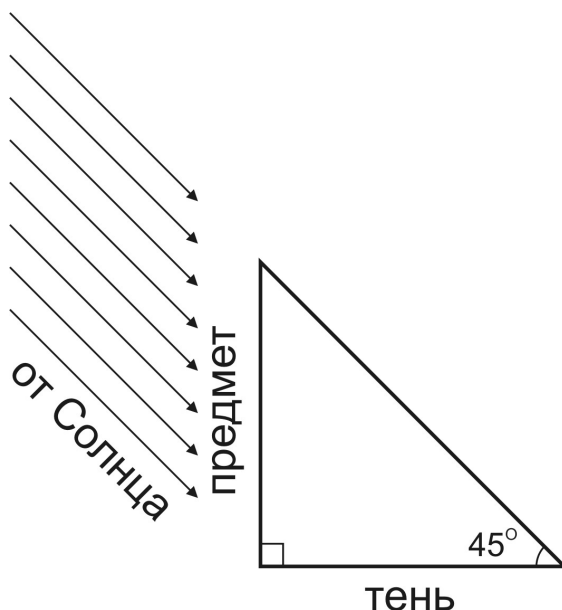
Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 4

Находясь в Крымской астрофизической обсерватории (широта $44^{\circ} 44'$ с.ш., долгота $34^{\circ} 01'$ в.д.), астроном обратил внимание, что во время верхней кульминации Солнца длина тени некоторого предмета оказалась равна его высоте. В каком месяце это происходило? Ответ объясните.

Решение

Для того чтобы длина тени предмета была равна высоте предмета, необходимо, чтобы источник света (Солнце) находился на высоте 45° над горизонтом (см. рисунок). В этом случае катеты (высота предмета и его тень) прямоугольного треугольника будут равны.



Как известно, высота объекта в верхней кульминации связана с его склонением и широтой пункта наблюдения формулой:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Найдём склонение Солнца в момент наблюдения:

$$\delta = h + \varphi - 90^\circ = 45^\circ + 44^\circ 44' - 90^\circ = -0^\circ 16'$$

Таким образом, Солнце будет находиться почти на небесном экваторе (склонение близко к 0°). Для Солнца это возможно только в двух областях небесной сферы – вблизи точки осеннего или весеннего равноденствия. В точке осеннего равноденствия Солнце бывает в сентябре, а в точке весеннего равноденствия – в марте.

Примечание: получение верного склонения (или даже просто вывода о положении Солнца на небесном экваторе, что тоже допускается) возможно и путём цепочки из рассуждений (вычисление без формул). Один из вариантов: «При такой широте (почти 45°) небесный экватор в южной части горизонта проходит на высоте 45° . Т.к. высота Солнца тоже 45° – Солнце находится на небесном экваторе».

Ответ: либо в сентябре, либо в марте

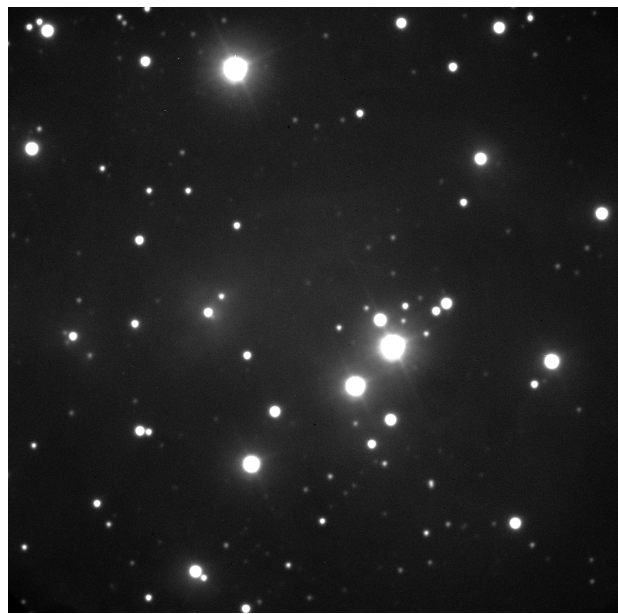
Критерии оценивания

- Правильный ответ без обоснования или решения оценивается в **2 балла** (по **1 баллу** за «сентябрь» и «март»).
- Определение высоты Солнца в момент наблюдений (с точным ответом или ответом «примерно 45° ») оценивается в **+2 балла**.
- Запись верной формулы для высоты в верхней кульминации (или сразу для склонения) оценивается в **+2 балла**.
- Вычисление склонения Солнца (с ответом примерно 0°) или формулирование вывода о том, что Солнце будет на небесном экваторе, оценивается в **+1 балл**.
- Вывод о том, что Солнце будет в одной из точек равноденствия, оценивается в **+1 балл**.
- Ответ «март» или(и) «сентябрь» оценивается по **+1 баллу** за каждый месяц.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 5

Перед Вами два снимка одной и той же области Млечного Пути в созвездии Лебедя. Один из снимков получен в видимом диапазоне, другой – в ближнем инфракрасном диапазоне. На обоих снимках видны звёзды до 19-ой звёздной величины. Определите, какой из снимков получен в видимом диапазоне. Объясните свой выбор.



Решение

В видимом диапазоне длин волн получен правый снимок. На нём видно значительно меньше звёзд, чем на левом снимке. Количество звёзд на снимке связано с межзвёздным поглощением, которое сильнее проявляется вблизи плоскости нашей Галактики (т.е. в полосе Млечного Пути). Созвездие Лебедя как раз находится в подобной области. Поглощение света сильнее в видимых лучах, поэтому в них мы видим, в основном, близкие звёзды, тогда как в ИК-диапазоне поглощение гораздо слабее, и становятся видны ещё и далекие объекты. Наличие/отсутствие на снимках туманностей не может являться критерием выбора.

Критерии оценивания

- Верный ответ с полным обоснованием оценивается в **8 баллов**.
- Обоснование в виде слов «из-за поглощения» не считается полным, и такой ответ оценивается в **5 баллов**.
- В полном обосновании должна упоминаться близость наблюдаемой области к Млечному Пути или плоскости Галактики и, тем или иным образом, – зависимость величины поглощения от длины волны или диапазона шкалы электромагнитных колебаний. Верный выбор без обоснования оценивается в **2 балла**.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 6

Шаровое скопление M13 имеет угловой диаметр $23'$, его линейный диаметр – 165 световых лет. На небе оно светит, как звезда 5,8 звёздной величины. Считая, что все звёзды в нём похожи на Солнце, оцените, сколько их в этом скоплении. Абсолютная величина Солнца $4,8^m$. Межзвёздным ослаблением света пренебречь.

Решение

1) Угловой диаметр δ скопления небольшой, поэтому справедливо следующее равенство, связывающее линейный диаметр скопления D с расстоянием r до него:

$$D = r \cdot \delta[\text{рад}] \text{ (можно использовать и строгое равенство } D = 2 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta}{2} \text{)}.$$

Заменим угловой диаметр, измеряемый в радианах $\delta[\text{рад}]$, угловым диаметром, измеряемым в минутах дуги δ' ($3438 \approx \frac{180}{\pi} \cdot 60$ – примерное число угловых минут в 1 радиане):

$$D = r \cdot \frac{\delta'}{3438'}.$$

Расстояние до скопления:

$$r = D \cdot \frac{3438'}{\delta'}.$$

Вспомним, что $1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. лет}$, поэтому расстояние до скопления в парсеках:

$$r = \frac{165}{3,26} \text{ св. лет} \cdot \frac{3438'}{23'} \approx 7,57 \cdot 10^3 \text{ пк}$$

2) Найдём абсолютную звёздную величину скопления по формуле для модуля расстояния:

$$M = m + 5 - 5 \lg r[\text{пк}],$$

$$M = 5,8 + 5 - 5 \lg(7,57 \cdot 10^3) \approx -8,6^m.$$

Сравним светимость этого скопления с Солнцем (запишем формулу Погсона):

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 10^{0,4(M_{\odot} - M)}$$

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 10^{0,4(4,8 - (-8,6))} \approx 2,3 \cdot 10^5.$$

Считаем, что все звёзды скопления похожи на Солнце, значит, светимость каждой звезды примерно равна солнечной. Поэтому звёзд в скоплении тоже примерно $2,3 \cdot 10^5$.

Ответ: примерно $2,3 \cdot 10^5$ звёзд

Критерии оценивания

- Правильное вычисление расстояния до скопления оценивается в **+2 балла**.
- Запись формулы для абсолютной звёздной величины оценивается в **+1 балл**.
- Правильное вычисление абсолютной звёздной величины скопления оценивается в **+2 балла**.
- Запись формулы Погсона оценивается в **+1 балл**.
- Правильное вычисление светимости скопления, выраженной в светимостях Солнца, оценивается в **+1 балл**.
- Оценка числа звёзд в скоплении, отличающаяся от приведённой в ответе не более, чем на порядок, оценивается в **+1 балл**.

Арифметическая ошибка, если не приводит к астрономически некорректному результату, **снижает на 1 балл** оценку только того этапа, на котором она была допущена. В противном случае оценивается только та часть решения, которая была получена до ошибки.

Максимум за задачу 8 баллов.

Всего за работу – 48 баллов.