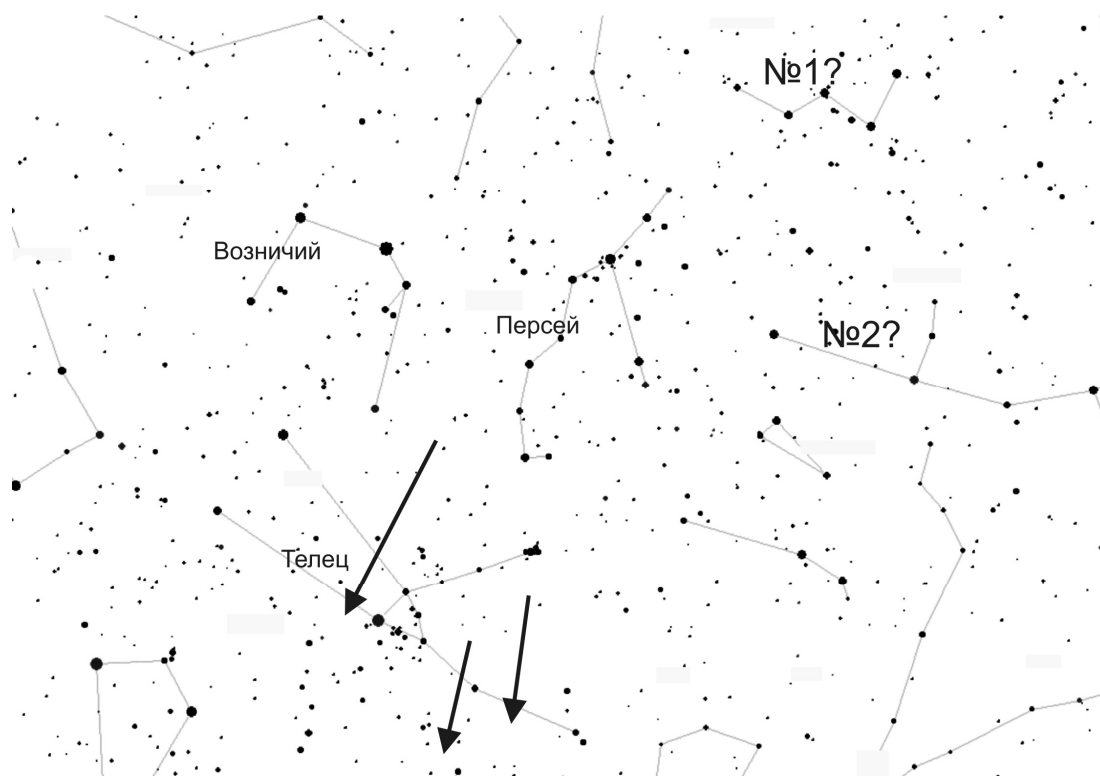




Задача 1

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**.

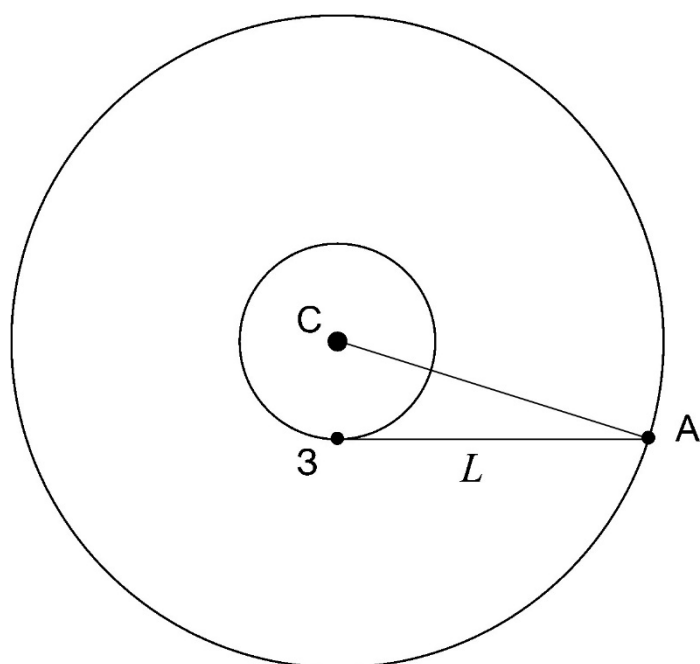
Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 3

Диаметр орбиты астероида равен 1 млрд км. Считая форму орбиты круговой, найдите его расстояние от Солнца в астрономических единицах. Чему равно расстояние от Земли до астероида в квадратуре? Нарисуйте рисунок, на котором отметьте все искомые расстояния. Вычисления приведите в решении.

Решение

Нарисуем рисунок, на котором отметим положение орбит астероида (А) и Земли (З). Обозначим искомое расстояние в квадратуре L и радиус орбиты астероида CA .



Найдём радиус орбиты астероида: $R = D/2 = 1000/2 = 500$ млн км. Выразим его в астрономических единицах: $R = 500 \text{ млн км} / 150 \text{ млн км} \approx 3,33 \text{ а.е.}$

Найдём величину L . Расстояние от Земли до Солнца равно 1 а.е. Значит, мы знаем катет ($CZ = 1 \text{ а.е.}$) и гипотенузу ($CA = 3,33 \text{ а.е.}$) в прямоугольном треугольнике CZA . Таким образом, $L = \sqrt{CA^2 - CZ^2} \approx 3,18 \text{ а.е.}$

Примечание: допускаются отклонения ответов от приведённых в авторском решении, вызванные округлениями.

Ответ: расстояние от Солнца примерно 3,33 а.е., расстояние от Земли до астероида в квадратуре примерно 3,18 а.е. (или 477 млн км)

Критерии оценивания

- Явная запись или использование в решении расстояния от Земли до Солнца (1 а.е. или 150 млн км) оценивается в **+1 балл**.
- Вычисление радиуса орбиты астероида в км оценивается в **+1 балл**.

- Вычисление радиуса орбиты астероида в а.е. оценивается в **+1 балл** (если радиус был сразу вычислен в а.е. без определения его величины в км, то ставится **2 балла** вместо 1).
- Вычисление расстояния от Земли в квадратуре оценивается в **+3 балла**.
- Верный рисунок с отмеченным расстоянием L (допускается нарушение масштаба; квадратура может быть приведена любая) оценивается в **+2 балла**.

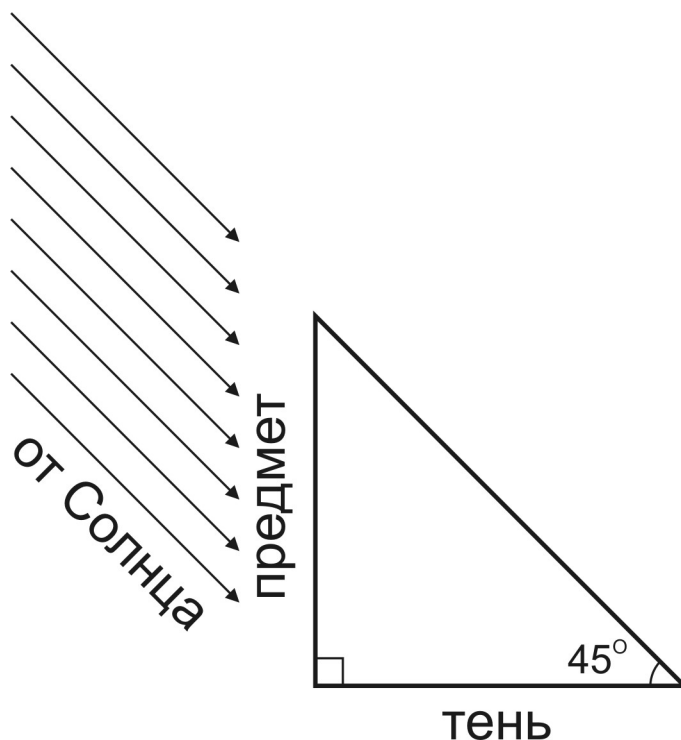
Максимум за задачу 8 баллов.

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.

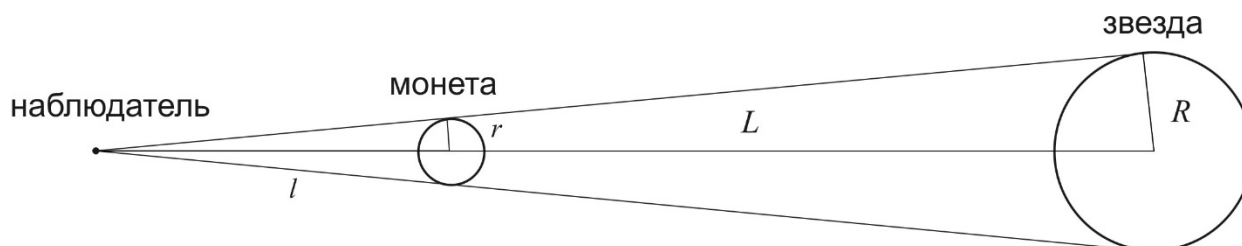
Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 5

Угловые диаметры наиболее близких к нам красных сверхгигантов, у которых астрономы могут наблюдать изображения дисков звёзд, составляют примерно $\alpha = 0,05''$. На какое расстояние l надо отнести от наблюдателя монету номиналом 5 рублей (радиус монеты $r = 12,5$ мм), чтобы видеть её под таким же углом? Ответ выразите в километрах. Считая радиус сверхгиганта равным $R = 1000$ радиусам Солнца, найдите расстояние L до него. Ответ выразите в парсеках.

Решение

Нарисуем рисунок:



Как известно, тангенс угла задаётся отношением катетов треугольника: $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{l}$. Для малых углов справедливо $\operatorname{tg} X \approx X$ (если угол выражен в радианах). Известно, что $1 \text{ рад} = \frac{180}{\pi} \cdot 3600'' \approx 206265''$. Отсюда можно выразить расстояние: $l = \frac{2r}{\alpha} = \frac{25}{0,05} \cdot 206265 \approx 1,03 \cdot 10^8 \text{ мм}$ или $l \approx 103 \text{ км}$.

Чтобы найти расстояние до звезды, можно воспользоваться тем же методом, что и для монеты, а можно составить пропорцию (см. рисунок): $\frac{r}{l} = \frac{R}{L}$. Из пропорции: $L = \frac{R \cdot l}{r} = \frac{1000 \cdot 696000 \cdot 103}{12,5 \cdot 10^{-6}} = 5,74 \cdot 10^{15} \text{ км} = 186 \text{ пк}$ (в формуле 696000 – радиус Солнца в км).

Ответ: расстояние до монеты 103 км (допустимое отклонение ответа ± 3 км), расстояние до звезды 186 пк (допустимое отклонение ответа ± 10 пк).

Критерии оценивания

- Запись или вывод формулы зависимости расстояния от углового размера или наоборот (для монеты или звезды, или в общем виде) оценивается в **+2 балла**.
- Определение расстояния до монеты оценивается в **+2 балла**.
- Определение расстояния до звезды в производных метра (мм, см и т. д.) оценивается в **+2 балла**.
- Определение расстояния до звезды в парсеках оценивается в **+2 балла** (если расстояние сразу получено в пк, минуя единицы СИ, то ставится **+4 балла**).
- При использовании радиуса вместо диаметра (или наоборот) **минус 1 балл** за каждый случай.

Арифметическая ошибка **снижает оценку на 1 балл** (только за тот этап, на котором она была совершена).

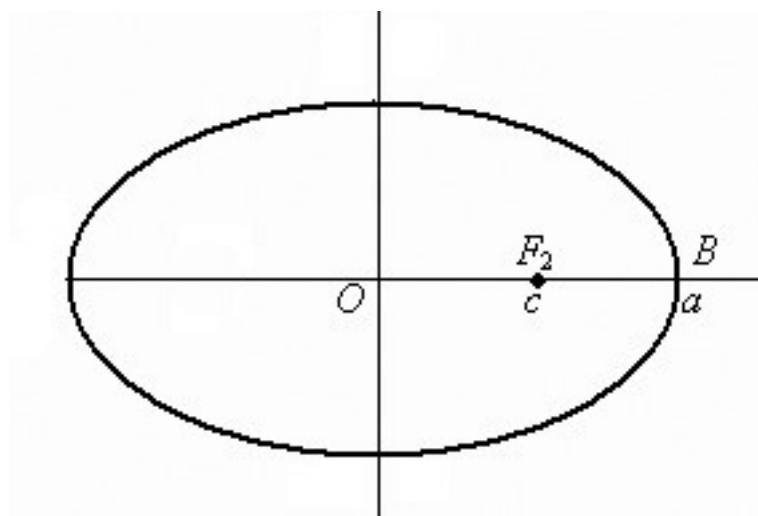
Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 6

Эксцентриситетом планетной орбиты называют отношение расстояния от центра орбиты до Солнца к величине большой полуоси орбиты планеты. Сейчас эксцентриситет земной орбиты $e_0 = 0,0167$. Представим себе, что он увеличится в 2 раза. Найдите, во сколько раз будет меняться видимый угловой размер Солнца при годовом движении Земли по новой орбите. Ответ без решения не оценивается.

Решение

Нарисуем рисунок:



Согласно определению эксцентриситета (оно дано в условии задачи), $e = OC/OB$. Отношение видимых угловых размеров Солнца равно отношению расстояний от Земли до Солнца в перигелии и афелии (т.к. геометрические размеры Солнца не меняются).

Расстояние в перигелии $r_p = OB - OC$, а расстояние в афелии $r_a = OB + OC$. Отсюда:

$$\begin{aligned} r_a/r_p &= (OB + OC)/(OB - OC) = (OB + e \cdot OB)/(OB - e \cdot OB) = \\ &= (1 + e)/(1 - e) = (1 + 2e_0)/(1 - 2e_0) \approx 1,069. \end{aligned}$$

Ответ: в $\approx 1,07$ (или 0,935, если считать обратное отношение)

Критерии оценивания

- Верный ответ с решением (вычислениями) оценивается в **8 баллов** (рисунок при этом не требуется). Ответ может быть получен из готовой формулы, выводить её не обязательно. «Формула» может быть получена в виде последовательности рассуждений, что оценивается полным баллом при условии верного ответа.

- При неполном решении (или неверном ответе):
 - за наличие верного рисунка ставится **+2 балла**;
 - за запись определения эксцентриситета в математическом виде ставится **+2 балла**.

За арифметическую ошибку оценка **снижается на 2 балла** (если она привела к большой ошибке – отношение угловых размеров получилось больше 2, – то оценка **снижается** не на 2, а **на 4 балла**). Т.е. если ответ получился неверным только из-за арифметической ошибки, то за задачу ставится **6 баллов** (или **4 балла** при значительном отличии ответа).

Максимум за задачу 8 баллов.

Всего за работу – 48 баллов.