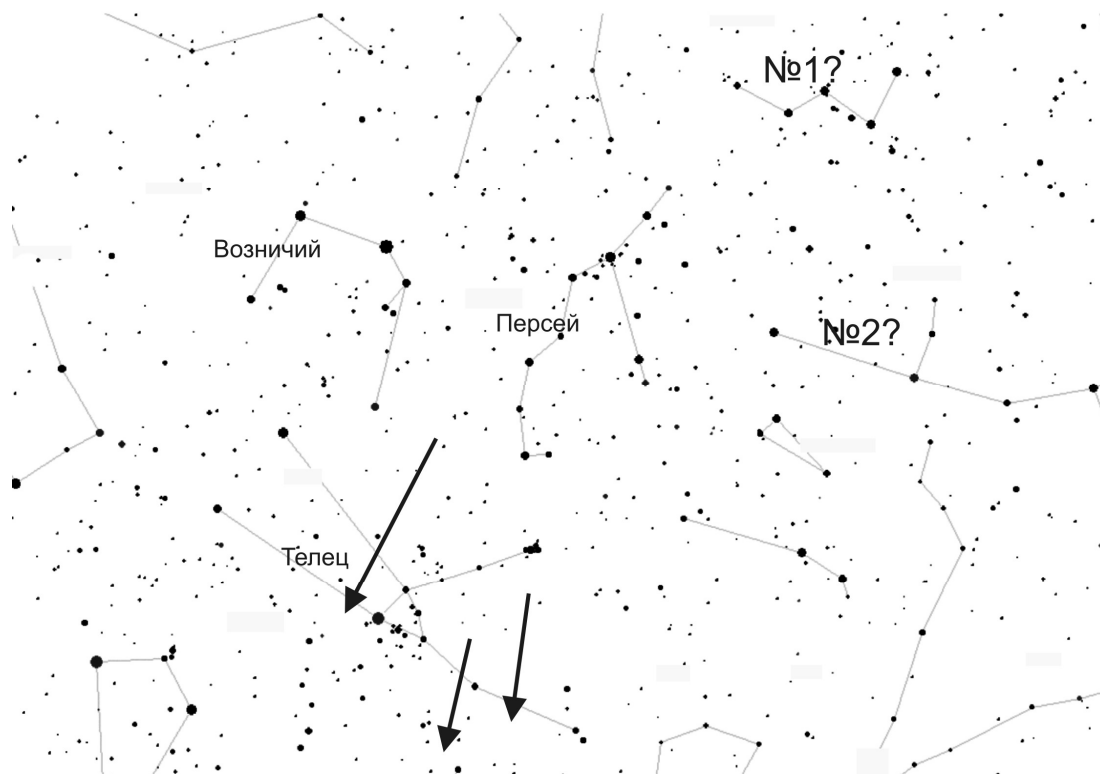




ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО АСТРОНОМИИ. 2019–2020 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

**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**.

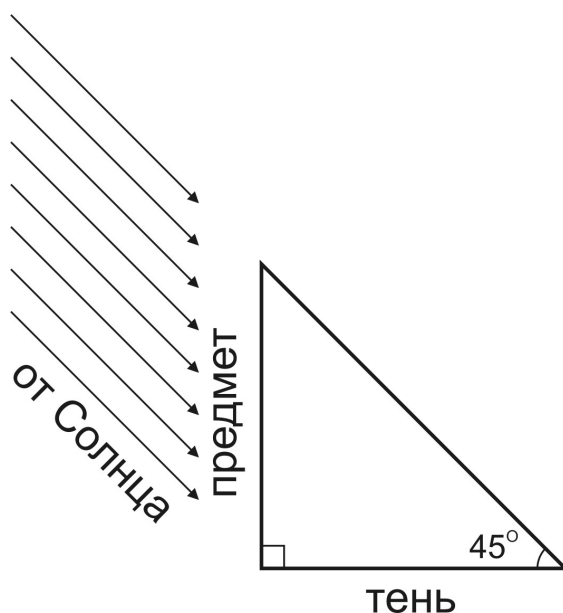
*Максимум за задачу 8 баллов.*

### 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  $45^{\circ}$  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  $0^\circ$ ). 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  $45^\circ$ ) небесный экватор в южной части горизонта проходит на высоте  $45^\circ$ . Т.к. высота Солнца тоже  $45^\circ$  – 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  $45^\circ$ ») 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  $0^\circ$ ) 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

Вокруг звёзд с именами Альфа и Бета с массами  $M_{\text{Альфа}} = 3M_{\text{Бета}}$  вращаются по две планеты (Альфа1 и Альфа2 вокруг звезды Альфа; Бета1 и Бета2 вокруг звезды Бета). Большие полуоси орбит этих планет  $R_{\text{Альфа1}} = 2R_{\text{Альфа2}}$  и  $R_{\text{Бета1}} = 2R_{\text{Бета2}}$ . Во сколько раз отличаются отношения периодов обращения планет  $P_{\text{Альфа1}}/P_{\text{Альфа2}}$  и  $P_{\text{Бета1}}/P_{\text{Бета2}}$ ? Ответ обоснуйте.

#### Решение

В соответствии с третьим законом Кеплера,

$$\frac{R_1^3}{R_2^3} = \frac{P_1^2}{P_2^2}$$

Подставим в формулу заданные в условии отношения радиусов планет:

$$\frac{(2R_2)^3}{R_2^3} = \frac{P_1^2}{P_2^2}$$

Отсюда

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = 8$$

Полученное соотношение верно для планетных систем и Альфа, и Бета. Оно не зависит от масс центральных звёзд этих систем, а значит, отношения периодов будут одинаковы для этих систем.

**Ответ:** отношения периодов не будут отличаться (формальный ответ: в 1 раз)

#### Критерии оценивания

- Запись формулы для 3-го закона Кеплера оценивается в **+3 балла**.
- Формулирование ответа оценивается в **+5 баллов** (через подстановку отношения радиусов, как это сделано в авторском решении, или просто через вывод о том, что в формулу не входит масса звезды, поэтому от неё ответ зависеть не может).
- Верный ответ без обоснования оценивается в **2 балла**.

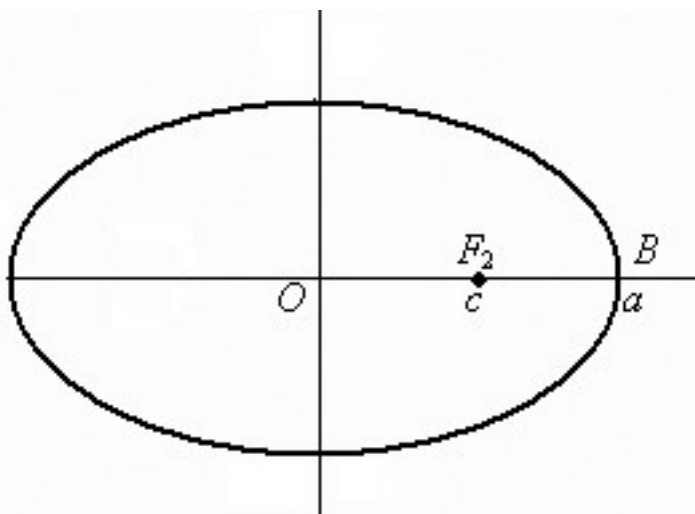
**Максимум за задачу 8 баллов.**

### 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.**