

Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
Ленинградская область

2021  
19  
ноября

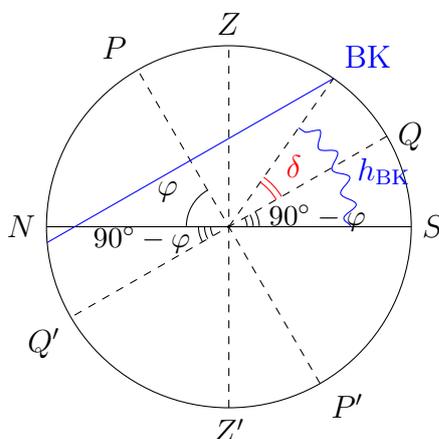
8–9 классы

Максимальный балл за всю работу равен 40

1. Некоторая звезда при наблюдениях из Пулковской обсерватории оказывается в верхней кульминации на высоте  $80^\circ$  над горизонтом. Чему равно склонение звезды?

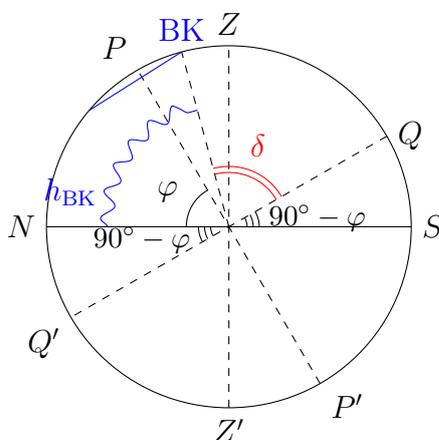
**Решение (8 баллов):**

Построим рисунок, изображающий небесную сферу в проекции на плоскость небесного меридиана (считая, что верхняя кульминация происходит к югу от зенита):



Тогда высота в верхней кульминации оказывается равной  $h_{BK} = 90^\circ - \varphi + \delta$  и, вспомнив, что широта Пулковской обсерватории (и Петербурга)  $\varphi \approx 60^\circ$ , получим  $\delta = 50^\circ$ .

Однако у задачи существует и второй вариант решения. Пусть верхняя кульминация происходит к северу от зенита:



Тогда из рисунка следует, что  $h_{BK} = \varphi + 90^\circ - \delta$ , поэтому получим  $\delta = 70^\circ$ .

**Комментарии:**

Знание широты Пулковской обсерватории — 2 балла. Полное рассмотрение одного из двух вариантов оценивается 4 баллами, двух вариантов — 6 баллами. Если хотя бы в одном из двух случаев получен ответ, в котором  $|\delta| > 90^\circ$ , и участник не откидывает его как невозможный, оценка за оба этапа в целом равна 0.

2. В англоязычной традиции полнолуние, происходящее в пределах двух недель от дня осеннего равноденствия, называют Урожайной Луной. А в каких созвездиях при этом может наблюдаться Луна?

**Решение (8 баллов):**

Осеннее равноденствие приходится на 22–23 сентября, поэтому интересующее нас полнолуние должно произойти в промежуток времени от 8 сентября до 7 октября. Поскольку Луна должна быть в противоположной точке неба относительно Солнца, то она должна быть в небе в том же созвездии, что и Солнце с первой декады марта по вторую декаду апреля. Этот промежуток времени захватывает созвездия Водолея (16 февраля — 11 марта) и Рыб (12 марта — 18 апреля).

**Комментарии:**

Оценка диапазона дат, в которых происходит Урожайная Луна (с точностью указания границ до 3-4 суток) — 3 балла. Вывод о том, что Луна должна находиться в «весенних» созвездиях эклиптики — 3 балла. Итоговый ответ — 2 балла (указание любого из двух вариантов считается правильным ответом).

3. 19 ноября отмечается юбилей Михаила Васильевича Ломоносова — он родился 310 лет назад. В какой день недели он родился?

**Решение (8 баллов):**

Во-первых, заметим, что юбилеи, годовщины и т.п. даты отмечаются по григорианскому календарю, т.е. переводить дату из юлианского календаря в григорианский не требуется, это уже сделано.

19 ноября 2021 года — пятница. Также мы знаем, что в обычном году  $365 = 52 \cdot 7 + 1$  дней, а в високосном —  $366 = 52 \cdot 7 + 2$  дней. Среди 28 последовательных лет будет 21 невисокосный год и 7 високосных, поэтому спустя 28 лет распределение дней недели по датам месяца повторится. Не будем пока учитывать то, что 1800 и 1900 годы не были високосными, и поделим 310 лет на 28 с остатком. В остатке получатся 2 года, а это означает, что со дня рождения Ломоносова, кроме целого числа 28-летних циклов, прошло еще 2 года. В прошлом году 19 ноября должно было приходиться на четверг, а два года назад — на вторник (поскольку 2020 год был високосным). Таким образом, если бы не невисокосные 1800 и 1900 годы, то ответом был бы вторник. Но на самом деле со дня рождения Ломоносова прошло на два дня меньше, поэтому ответ сдвигается на два дня вперед — получается четверг.

**Комментарии:**

Описание устройства григорианского календаря (на существенном для решения задачи временном интервале) — 3 балла. Вычисление дня недели — 4 балла. Формулировка итогового ответа — 1 балл.

4. Впервые у белого карлика обнаружена планета, похожая на Юпитер. Масса белого карлика 0.5 масс Солнца. Период обращения планеты 6.5 лет. Найдите большую полуось орбиты планеты.

**Решение (8 баллов):**

Масса Юпитера в 1000 раз меньше массы Солнца, поэтому при вычислениях массой планеты можно пренебречь по сравнению с массой белого карлика. Запишем III закон Кеплера в системе единиц «масса Солнца – астрономическая единица – год»:

$$\frac{P^2}{a^3} = \frac{1}{M_{\text{БК}}}.$$

Тогда большая полуось орбиты планеты будет равна

$$a = \sqrt[3]{P^2 \cdot M_{\text{БК}}} \approx 2.8 \text{ а.е.}$$

**Комментарии:**

Запись III закона Кеплера — 4 балла. Вычисление итогового ответа — 4 балла. Правильная попытка учесть при решении массу Юпитера ошибкой не является. В случае, если задача решается в предположении, что орбита планеты круговая (и используется решение задачи о движении по окружности под действием постоянного ускорения), правильное в остальном решение оценивается 6 баллами (если участник не оговаривает явно, что результат не должен зависеть от эксцентриситета орбиты — в таком случае баллы не снимаются и полное решение оценивается 8 баллами).

5. По одной из гипотез массивное гало вокруг галактик создается не темной материей, а, например, большим количеством коричневых карликов. Считая массу тёмного гало Млечного Пути равной  $10^{12}$  масс Солнца, характерный радиус гало равным 200 килопарсекам, а среднюю массу коричневого карлика равной 0.03 массы Солнца, определите среднее расстояние (в парсеках) между коричневыми карликами в таком гало.

**Решение (8 баллов):**

Определим количество объектов:

$$N = \frac{M_{\text{гало}}}{M_{\text{кк}}} = \frac{10^{12}}{0.03} = 3 \cdot 10^{13}.$$

Объем, занимаемый гало, равен

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (2 \cdot 10^5 \text{ пк})^3 = 3 \cdot 10^{16} \text{ пк}^3.$$

Тогда на каждый коричневый карлик приходится объем  $V_0 = V/N = 10^3 \text{ пк}^3$ . Если представлять, что такой элементарный объем имеет форму куба, то его ребро будет равно  $\sqrt[3]{V_0} = 10 \text{ пк}$ . Эту величину и можно считать средним расстоянием между коричневыми карликами.

**Комментарии:**

Вычисление количества объектов — 3 балла. Оценка объема гало — 3 балла. Вычисление итогового ответа — 2 балла. Представленные в условии параметры гало — всего лишь оценки с точностью до порядка. Поэтому в решении можно вместо объема шара посчитать объем куба со стороной, равной диаметру шара — итоговый результат принципиально не изменится, такое решение засчитывается как полное.