

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2025

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

9 класс

Краткие решения

Задачи 1-5 оцениваются в 8 баллов, задача 6 – в 10 баллов. Максимальное количество баллов – 50.

Задача 1.

Некая звезда проходит дугу в 180° от своего восхода до своего захода. При этом её высота в верхнюю кульминацию равна 60° . Определите склонение звезды и широту места наблюдения.

Решение и система оценивания:

1. Чтобы пройти дугу в 180° от востока до запада, звезда должна двигаться по небесному экватору, следовательно ее склонение равно 0. По формуле для высоты светила в верхней кульминации можно найти широту: $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, откуда $\delta=0$ $\varphi=30^\circ$.

Это самый очевидный случай решения, он оценивается в 3 балла.

2. В задаче не сказано, к югу или к северу от зенита произошла верхняя кульминация звезды. В случае ВК к северу от зенита получаем симметричное решение, но с наблюдателем в южном полушарии: $\delta=0$ и $\varphi=-30^\circ$. Это решение оценивается в 2 балла. Если оно приведено как самостоятельное (т.е. решение 1 не рассмотрено), то этот вариант решения, с полным и верным объяснением логики и формул, следует оценить в 3 балла.

3 и 4. Наконец, есть ещё одна пара симметричных вариантов решения. Для наблюдателя на экваторе все светила проходят от восхода до захода дугу в 180° . Отсюда $\varphi=0^\circ$ и склонение звезды равно $\delta=30^\circ$ либо -30° . Эта пара вариантов оценивается в 3 балла суммарно, если рассмотрен только один из двух – максимально в 2 балла.

Задача 2.

Метеорный поток Персеиды порождён кометой Свифта-Туттля и длится с 17 июля по 24 августа с датой максимума 12 августа. Считая, что орбита Земли проходит через центр облака пылевых частиц, рассеянных в окрестности орбиты кометы, оцените максимально возможную «толщину» этого облака (т.е. диаметр в направлении, перпендикулярном орбите кометы). Решение обязательно снабдите рисунком.

Решение и система оценивания:

Прежде всего следует понимать, что задача оценочная и абсурдно пытаться достичь в ней предельную точность ответа

Максимальную толщину метеорного роя можно оценить, умножив орбитальную скорость Земли на время, которое действует метеорный поток. При этом мы пренебрегаем кривизной орбиты Земли. Наша оценка будет максимальной толщиной роя, поскольку она сделана в предположении, что Земля движется перпендикулярно (нормально) орбите кометы. При уменьшении этого угла протяжённость пересекаемого роя будет возрастать, но она не может быть меньше оценки в «нормальном» приближении

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2025

Понимание геометрии задачи (качественные рассуждения и/или верный рисунок оцениваются максимально в 2 балла).

Орбитальная скорость Земли может быть известна участнику как константа, найдена как первая космическая для массы Солнца на удалении 1 а.е. или же посчитана путём деления длины окружности земной орбиты на продолжительность года. Все верные рассуждения и вычисления, дающие результат в диапазоне 29-30 км/с, **оцениваются максимально в 3 балла.**

За время действия потока (примерно 38 дней) Земля пройдёт
 $30 \text{ км/с} \cdot 86400 \text{ секунд} \cdot 38 \text{ дней} = 1140 \cdot 86400 \approx 98.5 \cdot 10^6 \text{ км} \approx 10^8 \text{ км} \approx 2/3 \text{ а.е.}$

Верные вычисления и финальный ответ оцениваются в 3 балла.

Задача 3.

Оцените, сколько планет, идентичных по физическим и орбитальным (периоду обращения и эксцентриситету) параметрам Венере требуется, чтобы хотя бы иногда освещать Землю так же, как Луна в полнолуние?

Решение и система оценивания:

Чтобы ночью (без Луны) было так же светло, как в полнолуние, необходимо, чтобы суммарная яркость всех планет достигала яркости Луны в полнолуние, то есть $N \cdot E_B = E_L$, где N – количество спутников. Выразим N через E_L/E_B . По формуле Погсона зависимость видимой звёздной величины от освещённости: $2.512^{(m_B - m_L)} = (E_L/E_B)$ или $2.512^{(m_B - m_L)} = N$. Подставив соответствующие значения получим, что количество спутников, соответствующих параметрам Венеры, должно составлять $1585 \approx 1600$ шт.

Решение может быть записано различным образом, но в нём, в любом случае, присутствуют этапы работы с освещённостями ($N \cdot E_B = E_L$ - переход к числу планет) и применения соотношения Погсона (явно или через соотношения для целочисленных значений m (2.512-6.3- 16 - 40 - 100)). **Каждый из этих двух этапов максимально оценивается в 4 балла.**

Задача 4.

Определите, через какие промежутки времени повторяются противостояния Марса.

Решение и система оценивания:

Для нахождения интервалов повторений противостояний Марса, необходимо найти синодический период S . А для его нахождения через уравнение синодического движения - сидерический период Марса.

Для нахождения периода Марса, можно использовать третий закон Кеплера, записав его также и для Земли: $(T_M/T_Z)^2 = (a_M/a_Z)^3$. Подставив значения, получим $T_M \approx 684.5$ сут (**4 балла=2 балла формула + 2 балла верный расчёт**).

Планета внешняя, поэтому формула синодического движения будет выглядеть как: $1/S_M = 1/T_Z - 1/T_M$. $S \approx 783$ сут. ≈ 2.14 земных года ≈ 2 года 1 месяц 21 день (**4 балла= 2 балла формула + 2 балла верный расчёт**).

Т.е. противостояния Марса происходят через каждые 2.14 земных года.

В ответе может встречаться число 15 или 17 лет. Это промежуток времени между великими противостояниями Марса, к решению задачи это отношения имеет весьма отдалённое.и оценивается не более, чем в **1 балл**.

Если участник знает (без вывода) период повторения противостояний Марса это может быть оценено не выше, чем в **2 балла**.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2025

Задача 5.

При наблюдении с Земли угловое расстояние между Венерой и Меркурием оказалось равным 68° . Определите линейное расстояние между планетами в этот момент. Орбиты считать круговыми и лежащими в плоскости эклиптики.

Решение и система оценивания:

Приведённый в задаче угол соответствует угловым расстояниям между Солнцем и планетами в элонгациях в приближении круговых орбит. Это легко проверяется на основе справочных данных ($46^\circ = \arcsin 0.72$, $22^\circ = \arcsin 0.38$). В итоге угловое разделение Меркурия и Венеры составляет как раз приведённые в задаче 68° . Это необходимый для продолжения решения задачи вывод, который оценивается в 4 балла. Если участник просто угадал, что речь про элонгацию – оценка за этот этап не может быть выше 1 балла.

Таким образом, искомое расстояние между планетами r может быть найдено из геометрических соображений. В четырёхугольнике Солнце-Меркурий-Земля-Венера углы при планетах Венера и Меркурий прямые по условию элонгации, угол при Земле 68° , т.о. угол Меркурий-Солнце-Венера составляет $180-68=112^\circ$. И расстояние Меркурий-Венера может быть найдено через теорему косинусов, поскольку две другие стороны треугольника известны – это полуоси орбит планет.

Либо участник может найти расстояние от Земли до Венеры и Меркурия (аналогично задаче 5 для 8 кл) и потом уже для треугольника Меркурий-Земля-Венера применять теорему косинусов так же с известными двумя сторонами и углом между ними. Вне зависимости от пути решения, полностью выполненный этап нахождения расстояния между планетами оценивается в 4 балла.

Для варианта 1 расчет:

$$r_m = \sqrt{a^2 - a_m^2} \Rightarrow r_m = \sqrt{1^2 - 0.38^2} \approx 0.92 \text{ а.е.} - \text{расстояние от Меркурия до Земли}$$

$$r_v = \sqrt{a^2 - a_v^2} \Rightarrow r_v = \sqrt{1^2 - 0.72^2} \approx 0.69 \text{ а.е.} - \text{расстояние от Венеры до Земли}$$

$$\text{расстояние между Венерой и Меркурием } r = \sqrt{(0.72^2 + 0.38^2 - 2 \cdot 0.72 \cdot 0.38 \cdot \cos(112^\circ))};$$
$$r = \sqrt{(0.5184 + 0.1444 - 0.5472 \cdot (-0.3746))} = \sqrt{0.8678} = 0.93 \text{ а.е.}$$

Для варианта 2 расчёт:

$$\text{расстояние между Венерой и Меркурием } r = \sqrt{(0.92^2 + 0.69^2 - 2 \cdot 0.92 \cdot 0.69 \cdot \cos(68^\circ))}$$
$$r = \sqrt{(0.8464 + 0.4761 - 1.2696 \cdot (0.3746))} = \sqrt{0.8469} = 0.92 \text{ а.е.}$$

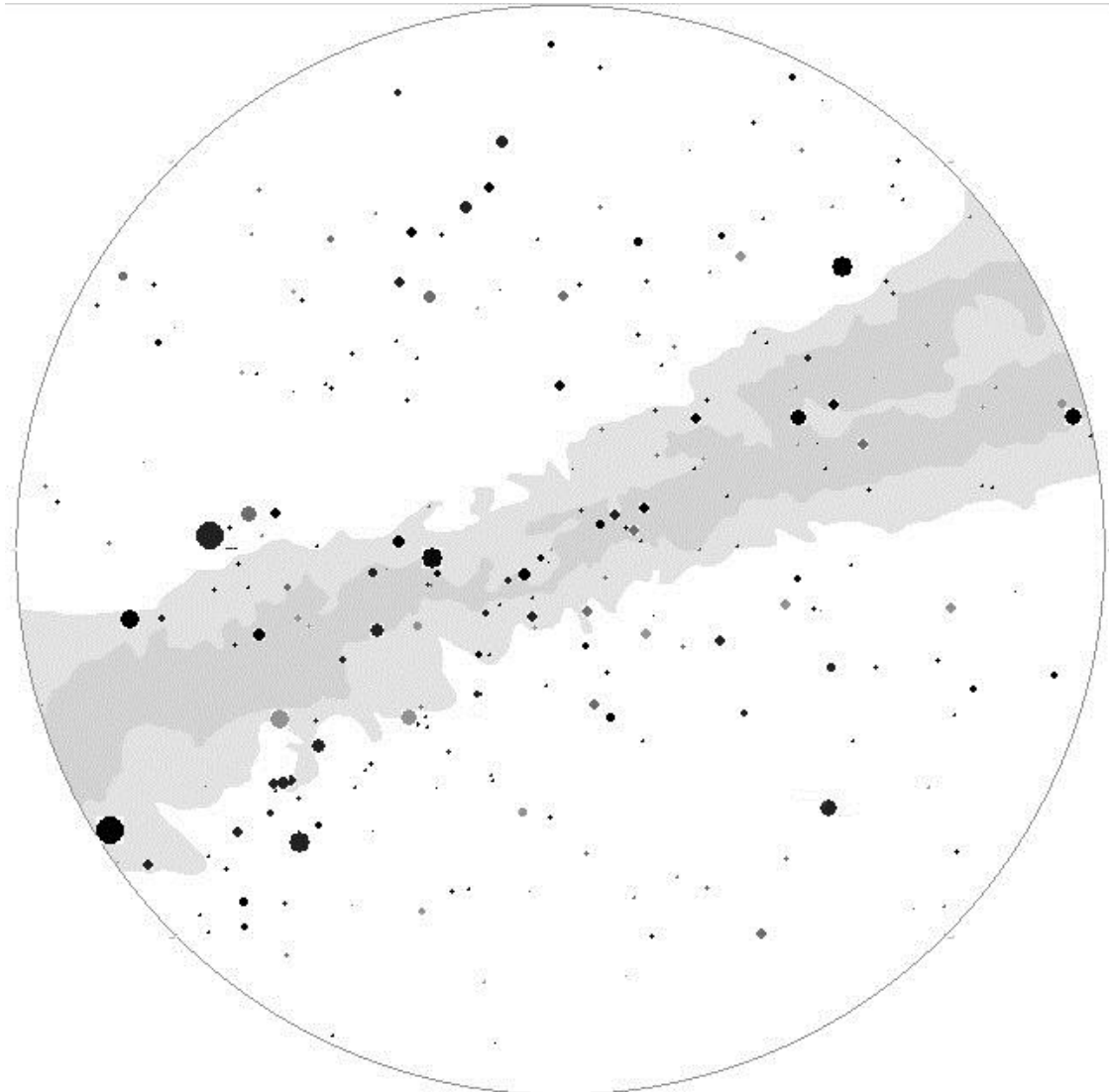
Разница между полученными в вариантах 1 и 2 значениями в 0.01 а.е. вызвана ошибками округления и характеризует точность ответа.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий *Муниципальный этап, 2025*

Задача 6.

Вам предложена «слепая» (т.е. без подписей названий звёзд и созвездий) карта звёздного неба (негативное изображение). Круглая линия, ограничивающая карту – математический горизонт. Вид звёздного неба соответствует 23 часам московского времени в день проведения олимпиады (10 ноября) для Казани. На карте не показана Луна, но отображены планеты. Укажите (и подпишите) известные вам созвездия, а также яркие звёзды (и планеты, если они есть). Подпишите стороны света.

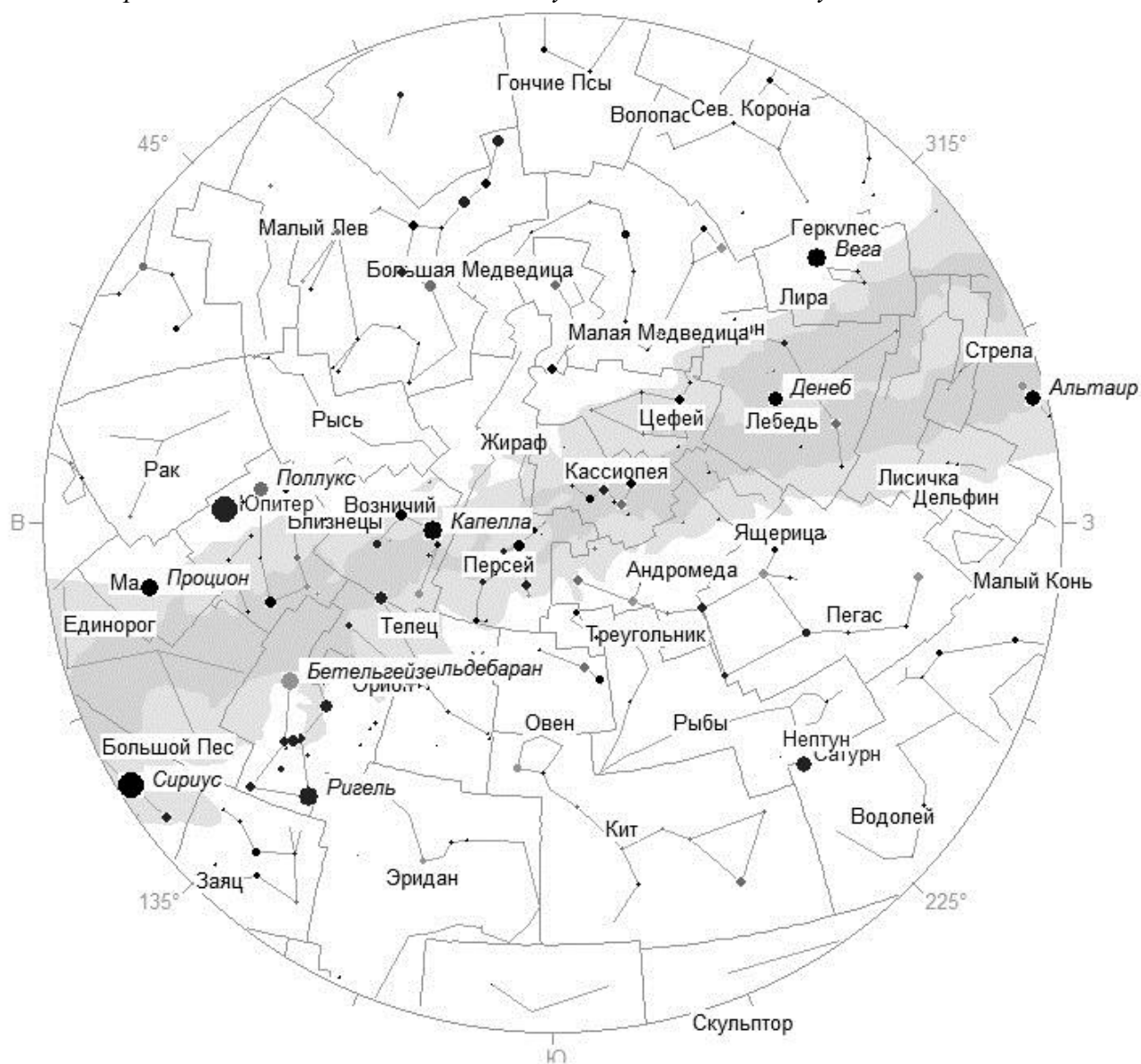


Бланк заданий *Муниципальный этап, 2025*

Каждое верно указанное созвездие оценивается в 0.5 балла, но не более 4 баллов суммарно

Верно указанные стороны света – 2 балла (или 1 балл, если перепутаны восток и запад/или север и юг – обратите внимание, север вверху, восток слева!)

Таким образом, если за стороны света и планеты участник набрал 4 балла (максимально возможная оценка), то за названия созвездий и звёзд ставится не более 6 баллов, исходя из оценки 10 баллов за задачу. Если же по сторонам света и/или планетам недобор, то за блок «созвездия и звёзды» участник может получить максимально 8 баллов.



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий *Муниципальный этап, 2025*

Справочные данные:

Большая полуось орбит некоторых планет:

Меркурий – 0.38 а.е.

Венера – 0.72 а.е.

Марс – 1.52 а.е.

1 а.е.= $1.496 \cdot 10^8$ км; 1 пк=206265 а.е;

Продолжительность земного тропического года 365.2422 средних солнечных суток;

Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг,

Радиус Солнца – $6.96 \cdot 10^5$ км, Земли 6400 км;

Гравитационная постоянная $G=6.67 \cdot 10^{-11}$ Н*м²/кг²;

Широта Казани – 55°47".

Зв.величина Солнца $m_{\odot} = -26.7^m$, Луны в полнолуние $m_{\text{л}} = -12.7^m$, Венеры $m_{\text{в}} = -4.7^m$.