

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2025

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

10 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.

Шаровое скопление М13 имеет диаметр $D = 145$ св. лет и содержит $N = 10^6$ звёзд. Средняя масса звезды в скоплении равна массе Солнца (M_\odot). Оцените, какую минимальную скорость нужно сообщить космическому аппарату, стартующему с окраины скопления, чтобы он смог навсегда его покинуть. Скопление считать сферически симметричным.

Решение и система оценивания:

Чтобы улететь из звездного скопления, аппарату необходимо придать минимальную скорость, равную второй космической, которая определяется как

$V_{II} = \sqrt{2GM/R}$, где M – масса скопления, которое можно найти как: $M = M_\odot \cdot N$; R – радиус скопления, который равен $R = D/2$ (для соблюдения размерности нужно перевести диаметр из световых лет в метры). Тогда итоговая формула примет вид: $V_{II} = \sqrt{4GNM_\odot/D}$. Подставив численные значения, получим $V_{II} = 1.972 \cdot 10^4$ м/с = 19.7 км/с \approx 20 км/с,

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2025

учтя точность исходных данных.

Верное вычисление полной массы скопления – 2 балла

Верный перевод радиуса скопления в СИ/СГС – 2 балла

Верная запись и использование формулы для скорости убегания - 2 балла

Финальный расчёт скорости – 2 балла.

Если участник не использовал согласованную систему единиц (например, оставил размер скопления в световых годах), то задача не может быть оценена выше 6 баллов, при условии верного выполнения остальных этапов и получения не абсурдного физически ответа.

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: $(T_M/T_3)^2 = (a_M/a_3)^3$. 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: $1/S_M = 1/T_3 - 1/T_M$. $S \approx 783$ 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 расчёт:

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

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

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

Для варианта 2 расчёт:

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

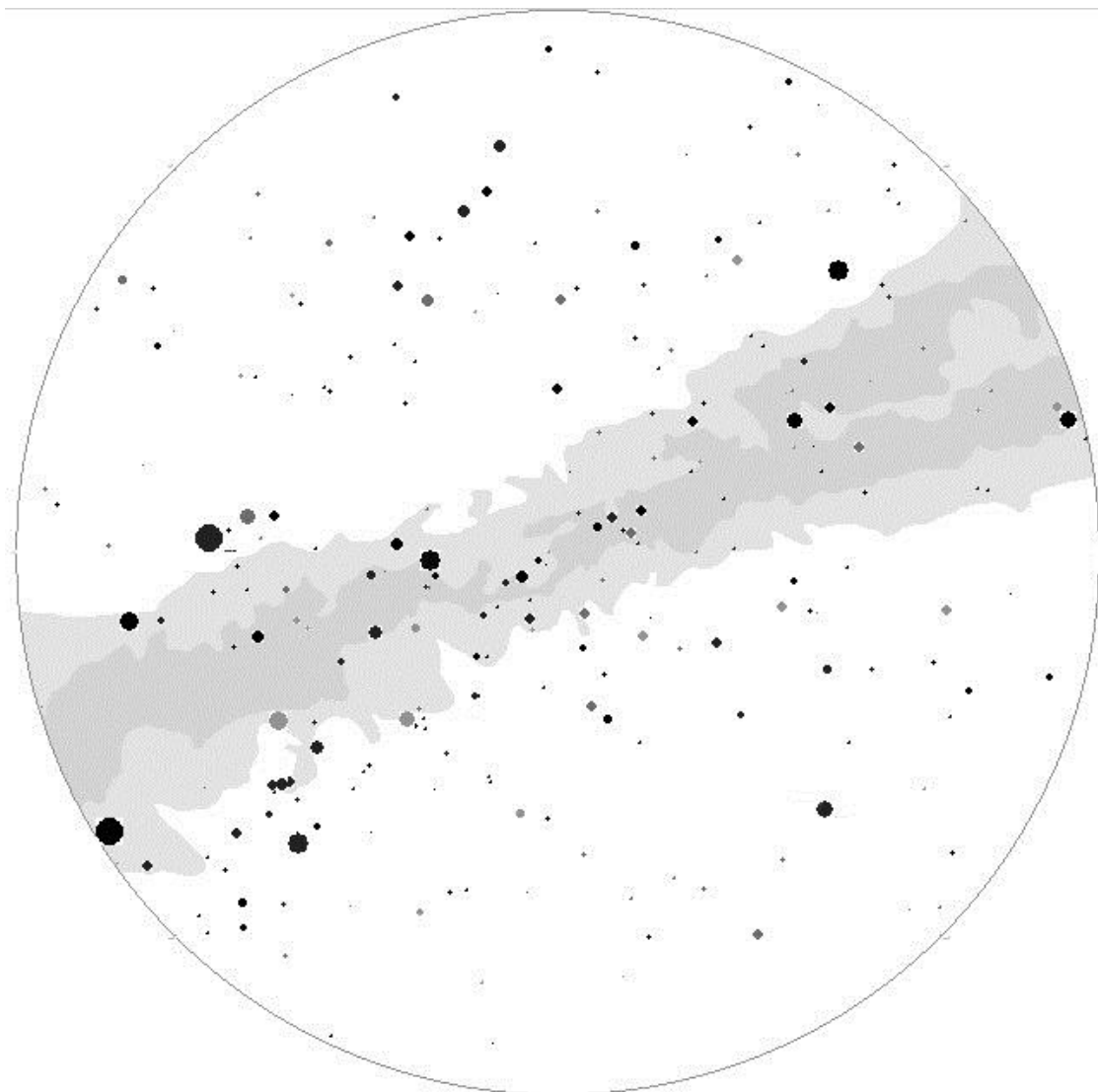
Разница между полученными в вариантах 1 и 2 значениями в 0.01 а.е. вызвана ошибками округления и характеризует точность ответа.

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.

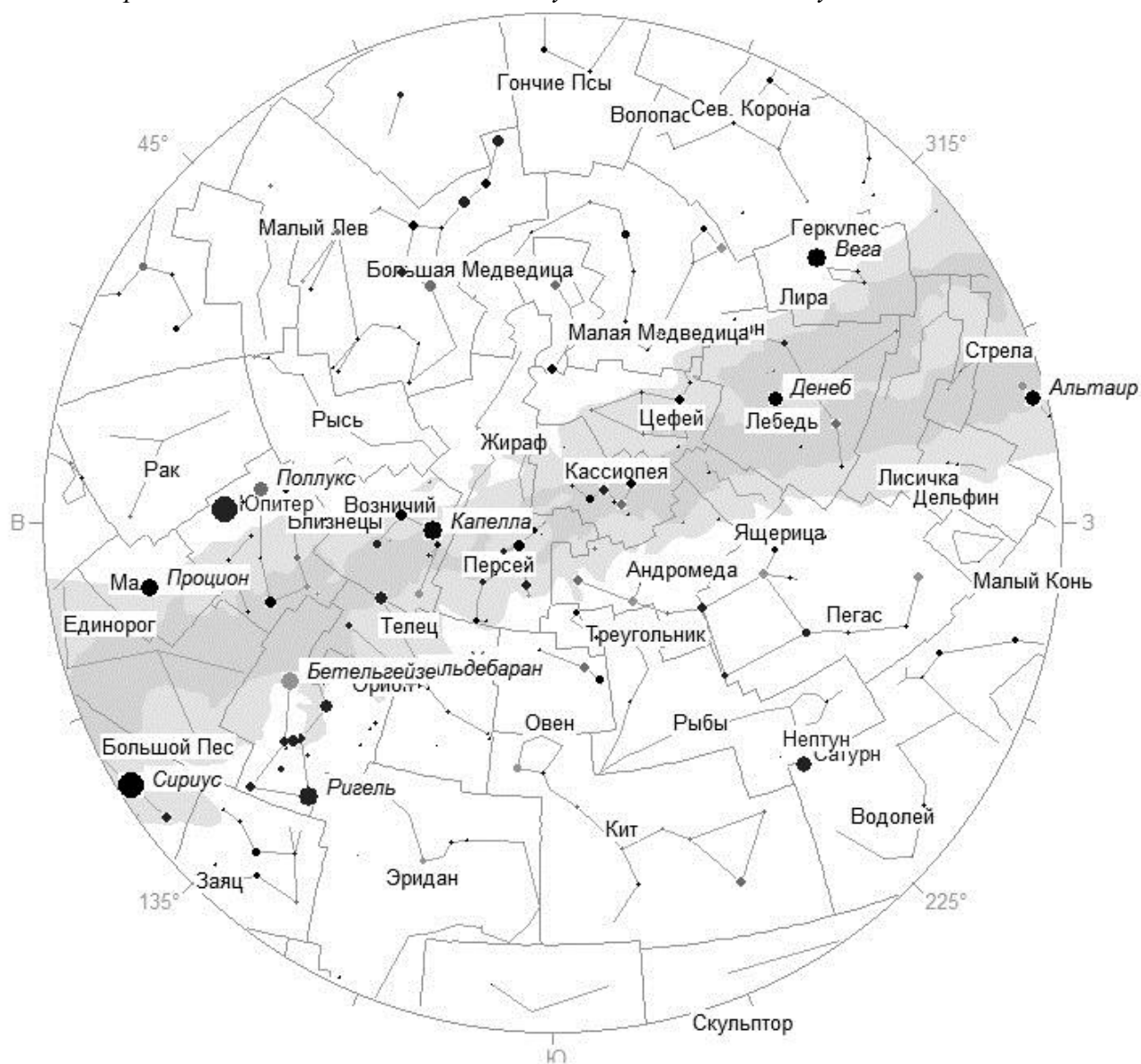


Бланк заданий *Муниципальный этап, 2025*

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; 1 пк = 3.26 св. года;

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 $m_{\text{в}} = -4.7^m$.