Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

7класс

Краткие решения

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

Задача 1.
Когда Солнце выше всего поднимается на экваторе Земли и на какую высоту?

Решение:
На экваторе Земли Солнце может кульминировать в зените, на высоте 90^o.

Для 7-8 класса это может быть и априорным знанием. и результатом рассуждений с применением формулы для верхней кульминации $h=90-\varphi+\delta$, *или же сразу частного случая для кульминации в зените* $\varphi=\delta$. ***(Любой приводящий к верному ответу путь оценивается в 4 балла).***

Для ответа на вопрос про дату проще всего вспомнить, что Солнце имеет $\delta=0$ ($h=90-\varphi+\delta$, *и, как следствие для кульминации в зените* $\varphi=\delta$, *широта экватора* $\varphi=0$, *поэтому и* $\delta=0$) *в дни весеннего и осеннего равноденствия. Этот же ответ может быть и априорным знанием.* ***(В 7-8 классе оба пути получения ответа эквивалентны и оцениваются в 4 балла)***.

Задача 2.

В 1886 году уральский живописец-пейзажист Владимир Гаврилович Казанцев написал картину "Зимняя ночь". Перед вами чёрно-белая копия этой картины. Всё ли на картине соответствует названию?

Решение:

Мы видим снег и это северное полушарие. То, что это Зима, похоже на правду, хотя может быть и поздняя осень/ранняя весна (снег может лежать с начала ноября до конца марта).

*Яркий объект возле горизонта это Луна**.** Если это Солнце, то это утро или вечер.*

*Два рассуждения, из которых следует, что **это не ночь**.*

1. Вблизи полуночи зимой в средних широтах России полная Луна поднимается высоко над горизонтом и это точно не вблизи полуночи.

2. Если мы видим полную Луну вблизи горизонта то это либо позднее утро либо ранний вечер, поскольку Солнце должно находиться в 180^o от Луны и, значит, тоже у горизонта.

*Итак, слово “ночь” в названии точно не соответствует реальности. (**Любые приводящие к этому выводу верные рассуждения – 8 баллов).***

Задача 3.

Легкомоторный самолёт вылетел из Ульяновска в Казань, двигаясь по прямой со скоростью 200км/ч. Весь путь составлял 170 км. Самолёт вылетел из Ульяновска в 12^h30^m по времени Ульяновской области, которое опережает Всемирное время на 4 часа, Казань и Ульяновск расположены примерно на одной долготе.

Во сколько по часам встречающих самолёт в Казани путешественники приземлятся?

Решение.

Считая, что города находятся на одной долготе, и самолет летел без ускорения, получается, что он совершил прямолинейное равномерное движение. Время, затраченное на перелет, можно рассчитать по формуле: $t = S/V$. *Тогда получим значение, равное:* $t = 0.85$ *ч = 51 мин. По времени самолет вылетел в* 12^h30^m, *тогда приземлился бы в* $12^h30^m + 51^m = 13^h21^m$ *по поясному декретному времени Ульяновска. Но Татарстан живет по московскому времени* ($UT + 3^h$). *Следовательно, ульяновское время опережает время в Казани на* 1^h. *Поэтому итоговый ответ на вопрос будет:* $13^h21^m - 1^h = 12^h21^m$.

Верное вычисление длительности перелёта – 4 балла, верные рассуждения о часовых поясах/местном поясном времени и, в целом, осознание того факта, что время в РТ и Ульяновске отличается на 1час и обязательная верная его интерпретация – 4 балла.

Задача 4.

Почему Солнце восходит и заходит на широте Казани и почему – на полюсах Земли?

Решение.

В Казани, как и почти всюду на Земле, восход и заход светил есть следствие осевого вращения Земли ***(4 балла)***.

Но на полюсах суточные параллели суть альмукантараты и потому восход/заход Солнца это следствие уже не суточного, а орбитального обращения Земли (и, как следствие, движения Солнца по эклиптике) ***(4 балла)***.

Задача 5.

На подвижной карте звёздного неба обозначены звёзды, можно примерно указать положение Солнца в разные даты. Почему же на ней не обозначены Луна и планеты?

Решение.

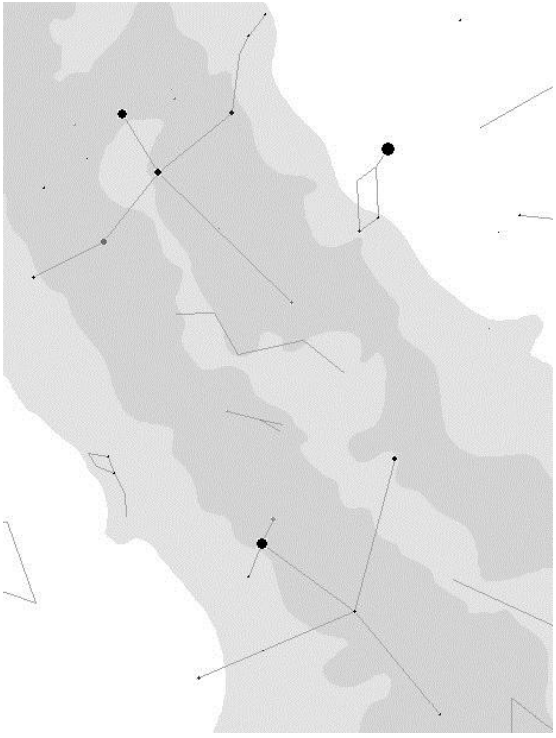
Планеты в переводе с греческого – «блуждающие», что отражает изменение их расположения относительно «неподвижных» звёзд, т.е. координатной сетки. Поэтому заранее невозможно указать их положение на карте ***(4 балла)***.

То же самое справедливо и для Луны ***(4 балла)***.

Для Солнца же, которое движется строго по эклиптике с периодом ровно в 1 год, можно указать точки на эклиптике, где Солнце будет в любую наперёд заданную дату.

Задача 6.

Вам предложен участок «слепой» (т.е. без подписей названий звёзд и созвездий) карты звёздного неба (негативное изображение). При этом указано положение опорных линий созвездий. Какие навигационные созвездия северного неба и какой астеризм изображены на ней? Подпишите ярчайшие звёзды этих созвездий. В какое время года лучше всего виден это участок неба?



Решение.

Это созвездия Лиры, Лебедя и Орла. Их ярчайшие звёзды (Вега, Денеб и Альтаир) образуют известный навигационный астеризм – Летне-осенний треугольник. Как следует из названия, лучше всего он виден во второй половине лета и начале осени.

Указание созвездий – по 1 баллу за созвездие (максимально 3 балла);

Наименования звёзд – по 1 балла за звезду (максимально 3 балла);

Наименование астеризма – 2 балла;

Указание месяцев/сезонов наилучшей видимости – 2 балла.

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

8 класс

Краткие решения

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

Задача 1.
Когда Солнце выше всего поднимается на экваторе Земли и на какую высоту?

Решение:
На экваторе Земли Солнце может кульминировать в зените, на высоте 90^o.
Для 7-8 класса это может быть и априорным знанием. и результатом рассуждений с применением формулы для верхней кульминации $h=90-\varphi+\delta$, или же сразу частного случая для кульминации в зените $\varphi=\delta$. ***(Любой приводящий к верному ответу путь оценивается в 4 балла).***
Для ответа на второй вопрос проще всего вспомнить, что Солнце имеет $\delta=0$ ($h=90-\varphi+\delta$, и, как следствие для кульминации в зените $\varphi=\delta$, широта экватора $\varphi=0$, поэтому и $\delta=0$) в дни весеннего и осеннего равноденствия. Этот же ответ может быть и априорным знанием. ***(В 7-8 классе оба пути получения ответа эквивалентны и оцениваются в 4 балла)***.

Задача 2.

В 1886 году уральский живописец-пейзажист Владимир Гаврилович Казанцев написал картину "Зимняя ночь". Перед вами чёрно-белая копия этой картины. Всё ли на картине соответствует названию?

Решение:

Мы видим снег и это северное полушарие. То, что это Зима, похоже на правду, хотя может быть и поздняя осень/ранняя весна (снег может лежать с начала ноября до конца марта).

*Яркий объект возле горизонта это Луна**.** Если это Солнце, то это утро или вечер.*

Два рассуждения, из которых следует, что ***это не ночь.***

1. Вблизи полуночи зимой в средних широтах России полная Луна поднимается высоко над горизонтом и это точно не вблизи полуночи.

2. Если мы видим полную Луну вблизи горизонта то это либо позднее утро либо ранний вечер, поскольку Солнце должно находиться в 180^o от Луны и, значит, тоже у горизонта.

Итак, слово “ночь” в названии точно не соответствует реальности. ***(Любые приводящие к этому выводу верные рассуждения – 8 баллов).***

Задача 3.

Легкомоторный самолёт вылетел из Ульяновска в Казань, двигаясь по прямой со скоростью 200км/ч. Весь путь составлял 170 км. Самолёт вылетел из Ульяновска в 12^h30^m по времени Ульяновской области, которое опережает Всемирное время на 4 часа, Казань и Ульяновск расположены примерно на одной долготе.

Во сколько по часам встречающих самолёт в Казани путешественники приземлятся?

Решение.

Считая, что города находятся на одной долготе, и самолет летел без ускорения, получается, что он совершил прямолинейное равномерное движение. Время, затраченное на перелет, можно рассчитать по формуле: $t = S/V$. Тогда получим значение, равное: $t = 0.85$ ч $= 51$ мин. По времени самолет вылетел в 12^h30^m, тогда приземлился бы в $12^h30^m + 51^m = 13^h21^m$ по поясному декретному времени Ульяновска. Но Татарстан живет по московскому времени ($UT + 3^h$). Следовательно, ульяновское время опережает время в Казани на 1^h. Поэтому итоговый ответ на вопрос будет: $13^h21^m - 1^h = 12^h21^m$.

Верное вычисление длительности перелёта – 4 балла, верные рассуждения о часовых поясах/местном поясном времени и, в целом, осознание того факта, что время в РТ и Ульяновске отличается на 1час и обязательная верная его интерпретация – 4 балла.

Задача 4.

Определите, через какие промежутки времени повторяются противостояния Марса.

Решение: *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: $(T_м/T_з)^2 = (a_м/a_з)^3$. Подставив значения, получим $T_м \approx 684.5$ сут ***(4 балла=2 балла формула + 2 балла верный расчёт)***.

Планета внешняя, поэтому формула синодического движения будет выглядеть как: $1/S_м = 1/T_з – 1/T_м$. $S \approx 783$ 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.***

Задача 5.

При наблюдении с Земли угловое расстояние между Венерой и Меркурием оказалось равным 68^o. Определите линейное расстояние от каждой из планет до Земли в этот момент. Орбиты считать круговыми и лежащими в плоскости эклиптики.

Решение:

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^o= arcsin 0.72, 22^o= arcsin 0.38). В итоге угловое разделение Меркурия и Венеры составляет как раз приведённые в задаче 68^o. Это необходимый для продолжения решения задачи вывод, ***который оценивается в 6 баллов****.* ***Если участник просто угадал, что речь про элонгацию – оценка за этот этап не может быть выше 1 балла****.*

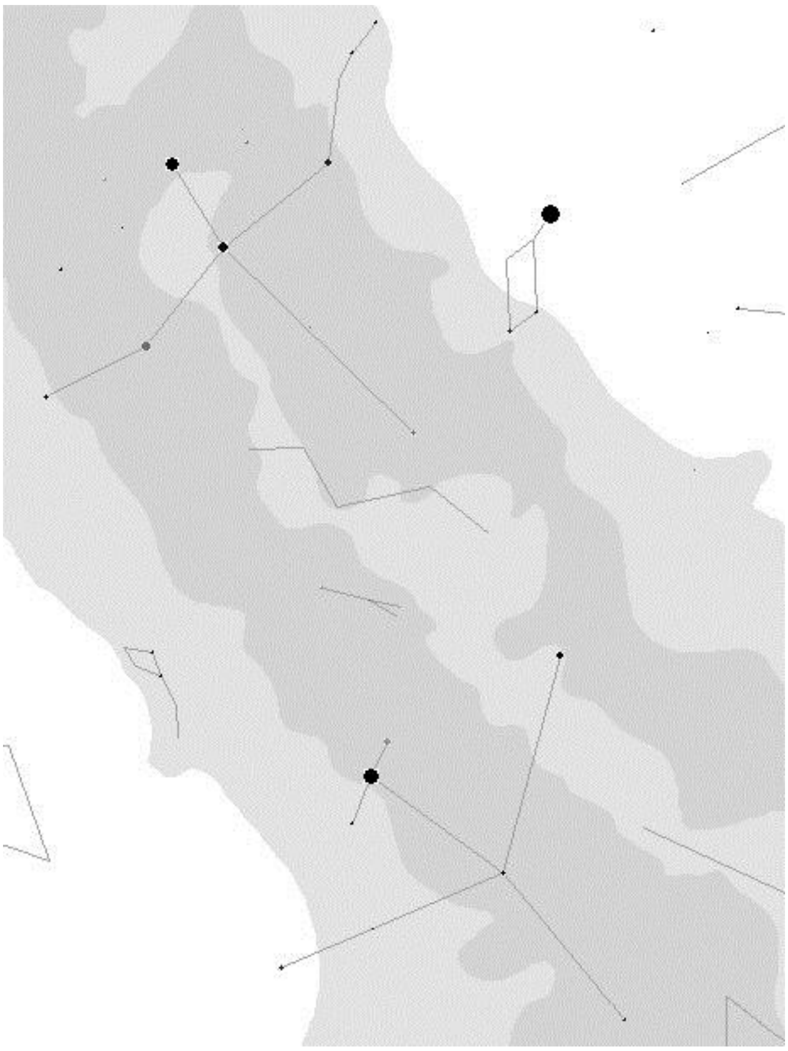
Таким образом, искомое расстояние – это катет прямоугольного треугольника Солнце-планета-Земля, построенного для элонгации. Расстояние от Земли до каждой из планет можно найти по теореме Пифагора, где гипотенузой будет расстояние от Земли до Солнца. Следовательно, формулы будут выглядеть следующим образом:

$r_м = \sqrt{(a^2 - a_м^2)}$ => $r_м = \sqrt{(1^2 - 0.38^2)} \approx 0.92$ *а.е. – расстояние от Меркурия до Земли* ***(1 балл)***

$r_в = \sqrt{(a^2 - a_в^2)}$ => $r_в = \sqrt{(1^2 - 0.72^2)} \approx 0.69$ *а.е. – расстояние от Венеры до Земли* ***(1 балл)****.*

Задача 6.

Вам предложен участок «слепой» (т.е. без подписей названий звёзд и созвездий) карты звёздного неба (негативное изображение). При этом указано положение опорных линий созвездий. Какие навигационные созвездия северного неба и какой астеризм изображены на ней? Подпишите ярчайшие звёзды этих созвездий. В какое время года лучше всего виден это участок неба?



Решение.

Это созвездия Лиры, Лебедя и Орла. Их ярчайшие звёзды (Вега, Денеб и Альтаир) образуют известный навигационный астеризм – Летне-осенний треугольник. Как следует из названия, лучше всего он виден во второй половине лета и начале осени.

Указание созвездий – по 1 баллу за созвездие (максимально 3 балла);

Наименования звёзд – по 1 балла за звезду (максимально 3 балла);

Наименование астеризма – 2 балла;

Указание месяцев/сезонов наилучшей видимости – 2 балла.

Справочные данные:

Большая полуось орбит некоторых планет:

Меркурий – 0.38 а.е.

Венера – 0.72 а.е.

Марс – 1.52 а.е.

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

Большая полуось орбиты Луны 384 000 км.

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*м^2/кг^2;

Широта Казани – 55º47".

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: $h = 90° – \varphi + \delta$, откуда $\delta=0$ $\varphi=30°$.

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 $\varphi=-30°$. ***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 походят от восхода до захода дугу в 180°. Отсюда $\varphi=0°$ и склонение звезды равно $\delta=30°$ 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

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 км/с ·86400 секунд·38 дней=1140·86400≈98.5·10^6 км≈10^8 км≈2/3 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 $N \cdot E_В = E_Л$, где N – количество спутников. Выразим N через $E_Л/E_В$. По формуле Погсона зависимость видимой звёздной величины от освещённости: 2.512^($m_В – m_Л$) = ($E_Л/E_В$) или 2.512^($m_В – m_Л$)= N. Подставив соответствующие значения получим, что количество спутников, соответствующих параметрам Венеры, должно составлять 1585 ≈ 1600 шт.

Решение может быть записано различным образом, но в нём, в любом случае, присутствуют этапы работы с освещённостями ($N \cdot E_В = E_Л$ - 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: $(T_м/T_з)^2 = (a_м/a_з)^3$. Подставив значения, получим $T_м$ ≈ 684.5 сут ***(4 балла=2 балла формула + 2 балла верный расчёт).***

Планета внешняя, поэтому формула синодического движения будет выглядеть как: $1/S_м = 1/T_з – 1/T_м$. S ≈ 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.***

Задача 5.

При наблюдении с Земли угловое расстояние между Венерой и Меркурием оказалось равным 68^o. 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^o= arcsin 0.72, 22^o= arcsin 0.38). В итоге угловое разделение Меркурия и Венеры составляет как раз приведённые в задаче 68^o. 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^o, т.о. угол Меркурий-Солнце-Венера составляет 180-68=112^o. 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:

$r_м = \sqrt{(a^2 - a_м^2)}$ => $r_м = \sqrt{(1^2 - 0.38^2)} \approx 0.92$ *а.е. – расстояние от Меркурия до Земли*

$r_в = \sqrt{(a^2 - a_в^2)}$ => $r_в = \sqrt{(1^2 - 0.72^2)} \approx 0.69$ *а.е. – расстояние от Венеры до Земли*

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

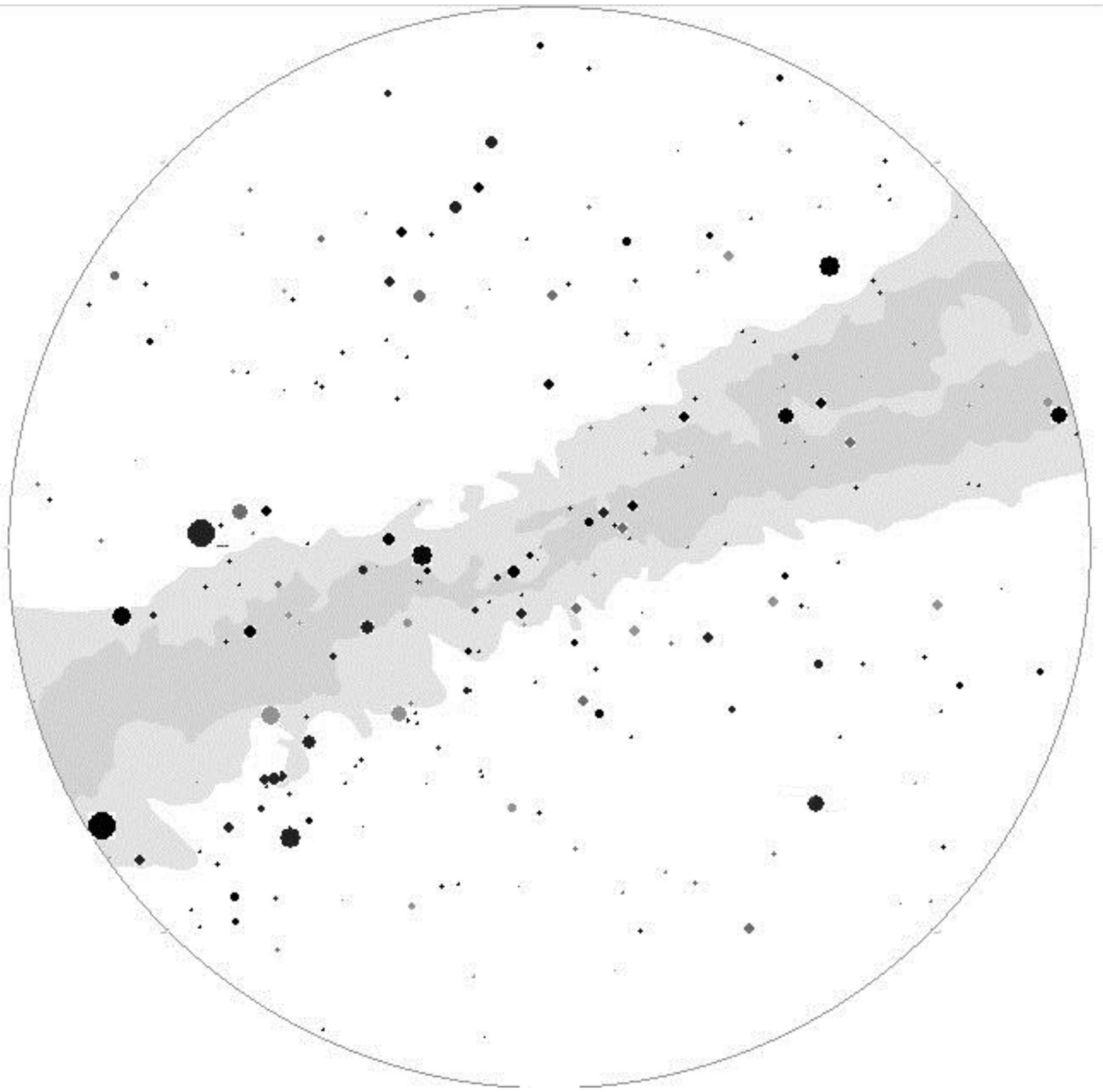
Для варианта 2 расчёт:

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

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

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.



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Бланк заданий *Муниципальный этап, 2025*

Решение и система оценивания:

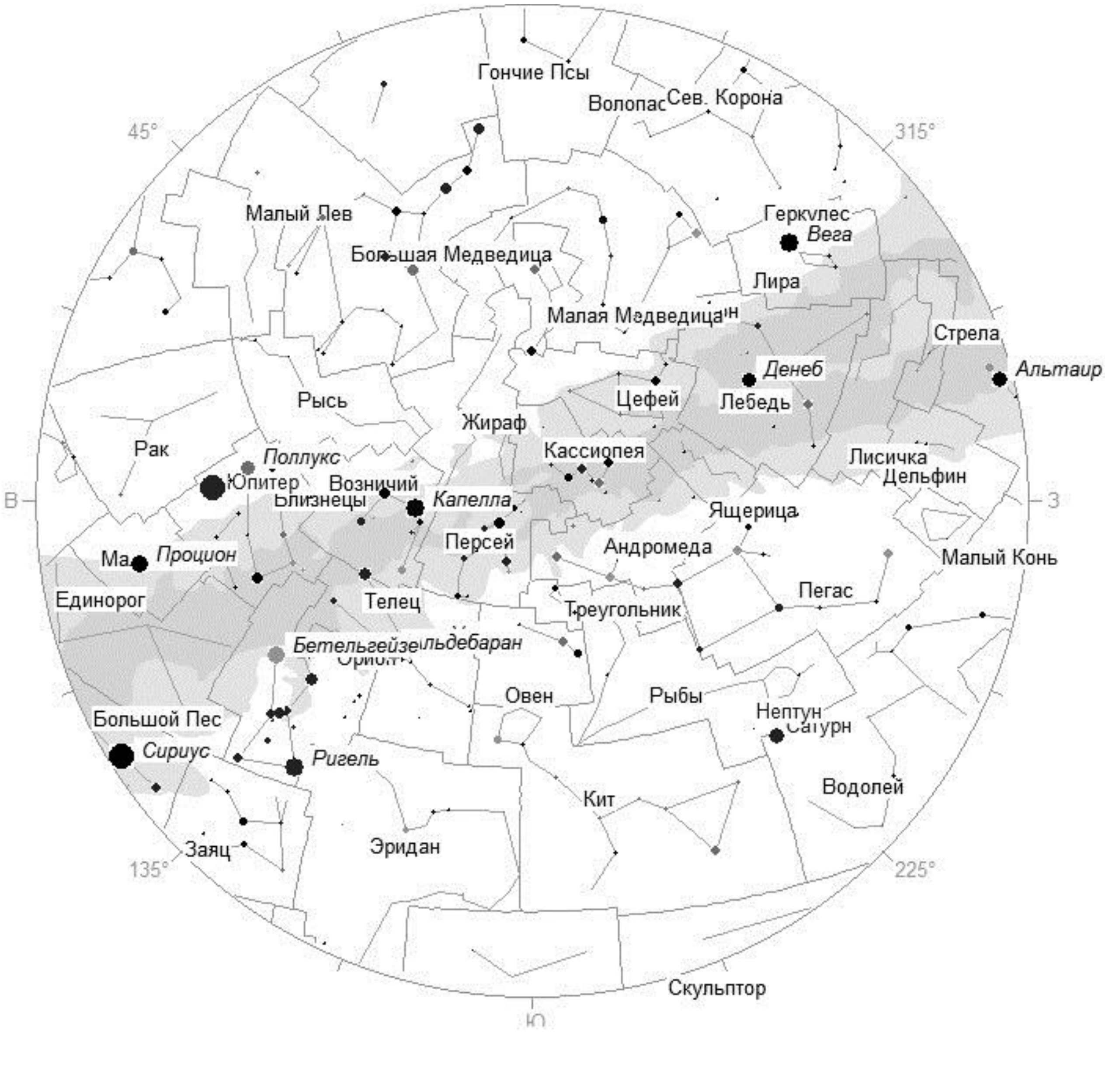
Каждое верно указанное созвездие оценивается в 0.5 балла, но не более 4 баллов суммарно

Каждая верно подписанная звезда – 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!)

За каждую верно подписанную планету - 1 балл, суммарно 2 балла.

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.



Справочные данные:

Большая полуось орбит некоторых планет:
Меркурий – 0.38 а.е.
Венера – 0.72 а.е.
Марс – 1.52 а.е.
1а.е.=$1.496\cdot10^8$ км; 1пк=206265 а.е;
Продолжительность земного тропического года 365.2422 средних солнечных суток;
Масса Солнца $2\cdot10^{30}$ кг, Земли $6\cdot10^{24}$ кг,
Радиус Солнца – $6.96\cdot10^5$ км, Земли 6400 км;
Гравитационная постоянная G=$6.67\cdot10^{-11}$ Н*м^2/кг^2;
Широта Казани – 55º47".
Зв.величина Солнца $m_С$= -26.7^m, Луны в полнолуние $m_Л$ = -12.7^m, Венеры $m_В$ = -4.7^m.

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^o от своего восхода до своего захода. При этом её высота в верхнюю кульминацию равна 60^o. Определите склонение звезды и широту места наблюдения.

Решение и система оценивания:

1. Чтобы пройти дугу в 180^o 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: $h = 90° – \varphi + \delta$, откуда $\delta=0$ $\varphi=30^o$.

***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 $\varphi=-30^o$. ***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 походят от восхода до хзахода дугу в 180^o. Отсюда $\varphi=0^o$ и склонение звезды равно $\delta=30^o$ либо -30^o. ***Эта пара вариантов оценивается в 3 балла суммарно, если рассмотрен только один из двух – максимально в 2 балла**.*

Задача 2.

Шаровое скопление M13 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 ≈ 20 км/с,

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 $N \cdot E_В = E_Л$, где N – количество спутников. Выразим N через $E_Л/E_В$. По формуле Погсона зависимость видимой звёздной величины от освещённости: $2.512^{(m_В – m_Л)} = (E_Л/E_В)$ или $2.512^{(m_В – m_Л)} = N$. Подставив соответствующие значения получим, что количество спутников, соответствующих параметрам Венеры, должно составлять 1585 ≈ 1600 шт.

*Решение может быть записано различным образом, но в нём, в любом случае, присутствуют этапы работы с освещённостями ($N \cdot E_В = E_Л$ - 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: $(T_м/T_з)^2 = (a_м/a_з)^3$. Подставив значения, получим $T_м \approx 684.5$ сут **(4 балла=2 балла формула + 2 балла верный расчёт)**.*

*Планета внешняя, поэтому формула синодического движения будет выглядеть как: $1/S_м = 1/T_з – 1/T_м$. S ≈ 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.***

Задача 5.

При наблюдении с Земли угловое расстояние между Венерой и Меркурием оказалось равным 68^o. 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^o= arcsin 0.72, 22^o= arcsin 0.38). В итоге угловое разделение Меркурия и Венеры составляет как раз приведённые в задаче 68^o. 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^o, т.о. угол Меркурий-Солнце-Венера составляет 180-68=112^o. 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:

$r_м = \sqrt{(a^2 - a_м^2)}$ => $r_м = \sqrt{(1^2 - 0.38^2)} \approx 0.92$ *а.е. – расстояние от Меркурия до Земли*

$r_в = \sqrt{(a^2 - a_в^2)}$ => $r_в = \sqrt{(1^2 - 0.72^2)} \approx 0.69$ *а.е. – расстояние от Венеры до Земли*

расстояние между Венерой и Меркурием $r= \sqrt{(0.72^2 + 0.38^2 - 2 \cdot 0.72 \cdot 0.38 \cdot \cos(112^o))}$;

$r=\sqrt{(0.5184+0.1444-0.5472\cdot(-0.3746))}= \sqrt{0.8678}=0.93$*а.е.*

Для варианта 2 расчёт:

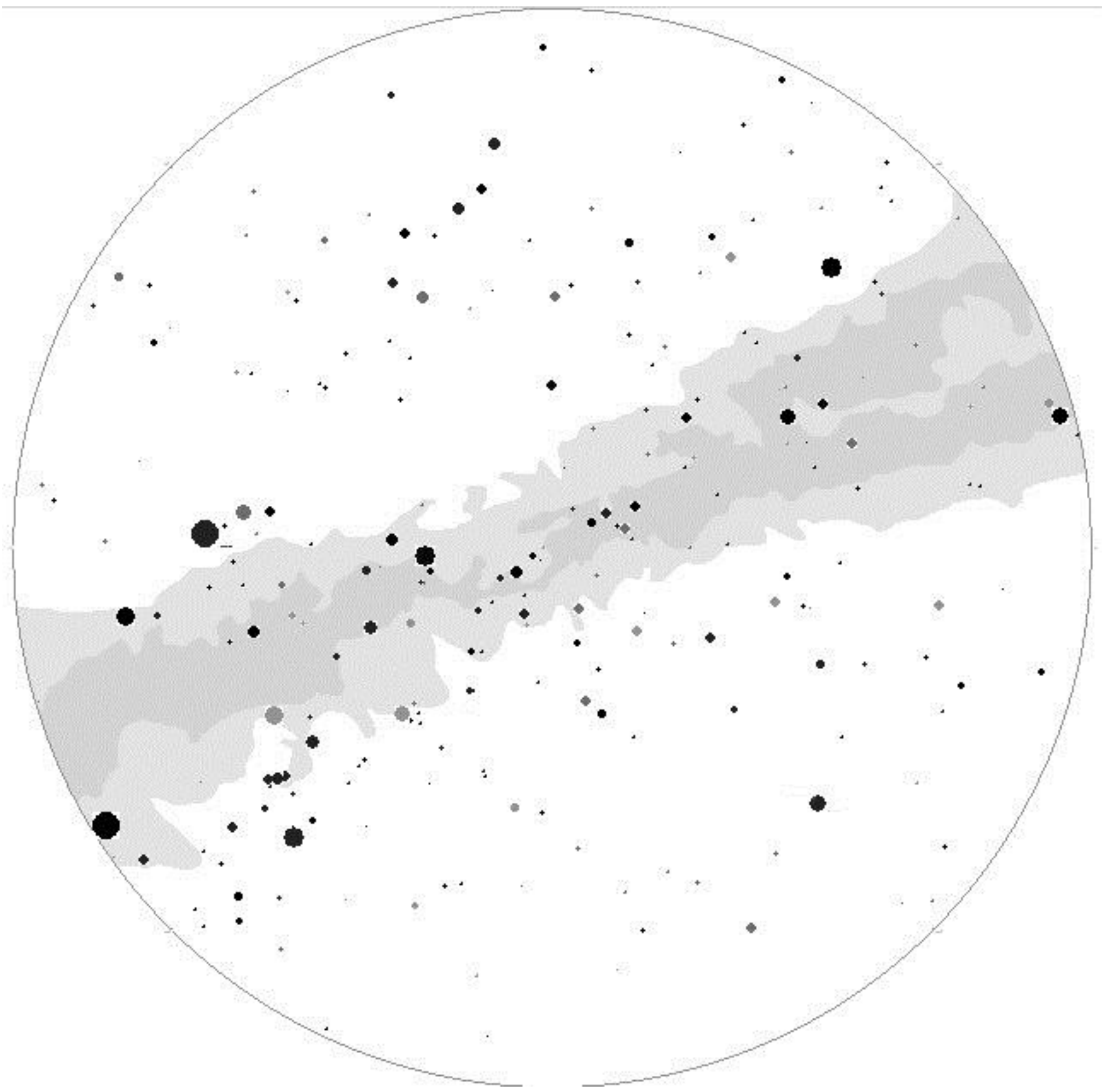
расстояние между Венерой и Меркурием $r= \sqrt{(0.92^2 + 0.69^2 - 2 \cdot 0.92 \cdot 0.69 \cdot \cos(68^o))}$

$r=\sqrt{(0.8464+0.4761-1.2696\cdot(0.3746))}=\sqrt{0.8469}=0.92$*а.е.*

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

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.



Решение и система оценивания:

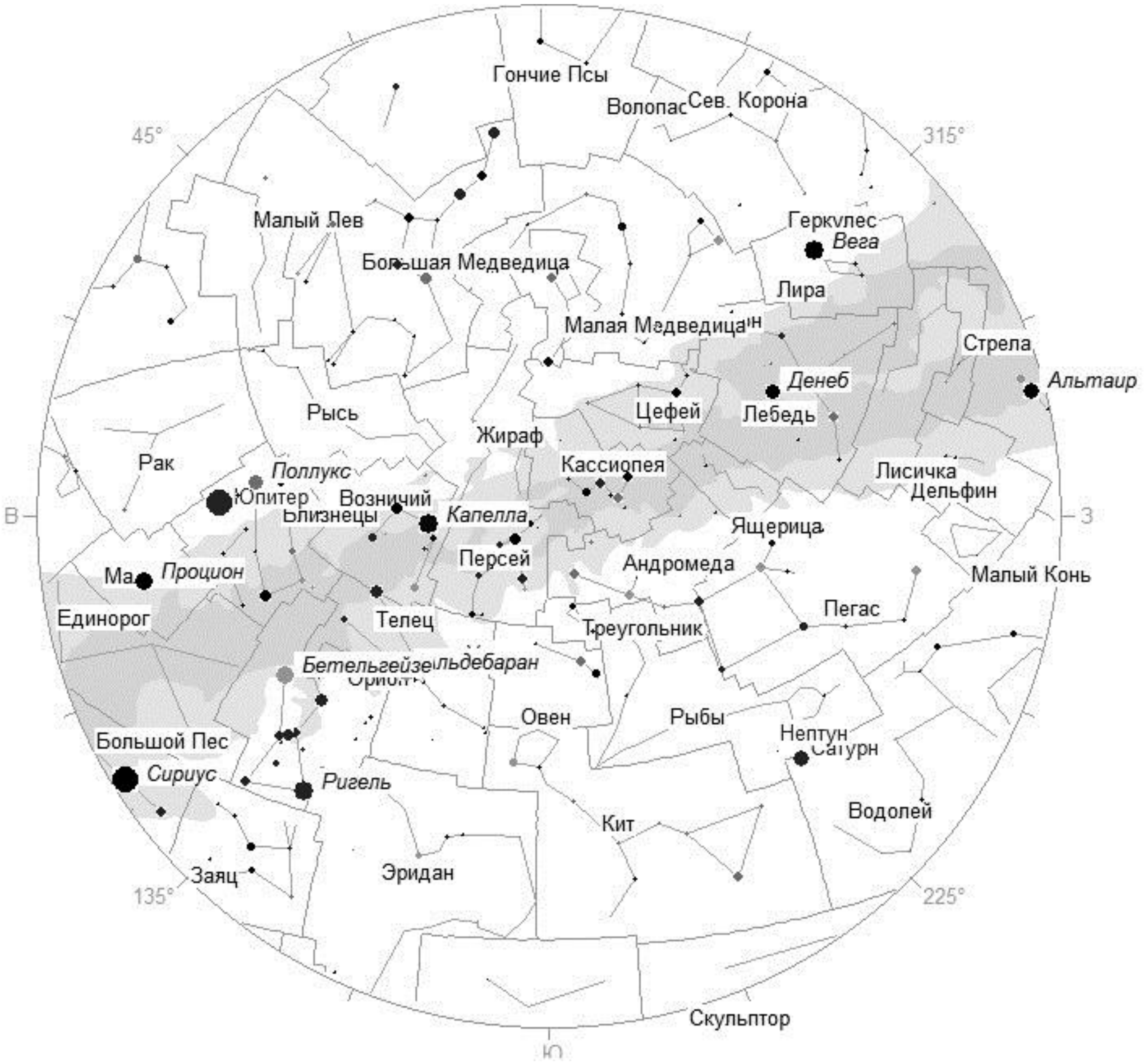
Каждое верно указанное созвездие оценивается в 0.5 балла, но не более 4 баллов суммарно

Каждая верно подписанная звезда – 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!)

За каждую верно подписанную планету - 1 балл, суммарно 2 балла.

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.



Справочные данные:

Большая полуось орбит некоторых планет:
Меркурий – 0.38 а.е.
Венера – 0.72 а.е.
Марс – 1.52 а.е.
1а.е.=$1.496\cdot10^8$ км; 1пк=206265 а.е; 1 пк = 3.26 св. года;
Продолжительность земного тропического года 365.2422 средних солнечных суток;
Масса Солнца $2\cdot10^{30}$ кг, Земли $6\cdot10^{24}$ кг,
Радиус Солнца – $6.96\cdot10^5$ км, Земли 6400 км;
Гравитационная постоянная $G=6.67\cdot10^{-11}$ Н*м^2/кг^2;
Широта Казани – 55º47".
Зв.величина Солнца $m_С= -26.7^m$, Луны в полнолуние $m_Л = -12.7^m$, Венеры $m_В = -4.7^m$.

Всероссийская олимпиада школьников

по АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап

11 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^o от своего восхода до своего захода. При этом её высота в верхнюю кульминацию равна 60^o. Определите склонение звезды и широту места наблюдения.

Решение и система оценивания:

1. Чтобы пройти дугу в 180^o 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: $h = 90° – \varphi + \delta$, откуда $\delta=0$ $\varphi=30^o$.

***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 $\varphi=-30^o$. ***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 походят от восхода до хзахода дугу в 180^o. Отсюда $\varphi=0^o$ и склонение звезды равно $\delta=30^o$ либо -30^o. ***Эта пара вариантов оценивается в 3 балла суммарно, если рассмотрен только один из двух – максимально в 2 балла**.*

Задача 2.

Шаровое скопление M13 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 ≈ 20 км/с, 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 спутников, идентичных по физическим и орбитальным параметрам Луне требуется, чтобы ночью (хотя бы иногда) было так же светло, как сейчас днём. Как следует разместить их на орбитах (полагая, что большая полуось и эксцентриситет зафиксированы и эквивалентны этим параметром у реальной Луны)?

Решение и система оценивания:

Чтобы ночью было так же светло, как днем, необходимо, чтобы суммарная яркость всех спутников достигала яркости Солнца, то есть $N \cdot E_Л = E_C$*, где N – количество спутников. Выразим N через* $E_C/E_Л$*. По формуле Погсона зависимость видимой звёздной величины от освещённости:* $m_C - m_Л = -2.5 \cdot \log_{10}(E_C/E_Л)$ *или* $m_C - m_Л = -2.5 \cdot \log_{10}(N)$*. Тогда количество спутников можно найти по формуле:* $N = 10^{(0.4 \cdot (m_л - m_c))}$*. Подставив соответствующие значения, получим, что количество спутников должно составлять 398 107 Лун в фазе полнолуния.*

Решение может быть записано различным образом, но в нём, в любом случае, присутствуют этапы работы с освещённостями ($N \cdot E_Л = E_C$ *- переход к числу спутников) и применения соотношения Погсона (в том или ином виде).* ***Каждый из этих двух этапов максимально оценивается в 3 балла. Итого максимально 6 баллов за нахождения ответа примерно*** $4 \cdot 10^5$ ***спутников.***

Так как максимальный блеск Луны наблюдается в момент, когда спутник находится для Земли в противоположной стороне от Солнца (полнолуние), то и размещать спутники необходимо соответственно, что невозможно в случае, когда орбиты идентичны. Даже если просто заполнить сферу вокруг Земли с радиусом. Равным радиусу лунной орбиты, такими спутниками, $\mathbf{4 \cdot 10^5}$ *штук всё равно не поместятся. Докажем это. Площадь небесной сферы 4π стерадиан или около 41 253 кв. градуса. Площадь Луны около 0.2 кв. градуса, т.е. на небесной сфере, даже если мы всю её заполним лунными дисками, поместится не более* $2 \cdot \mathbf{10^5}$ *(т.е. примерно половиной из требуемых* $\mathbf{4 \cdot 10^5}$ *) спутников, при том почти все они будут далеки от фазы полнолуния.*
Таким образом, достичь дневной освещённости неба, заполнив его лунами, не удастся.

За верную аргументацию невозможности достичь требуемого в задаче эффекта участник получает ещё 2 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: $(T_м/T_з)^2 = (a_м/a_з)^3$. *Подставив значения, получим* $T_м \approx 684.5$ *сут* ***(4 балла=2 балла формула + 2 балла верный расчёт)****.*

Планета внешняя, поэтому формула синодического движения будет выглядеть как: $1/S_м = 1/T_з - 1/T_м$. $S \approx 783$ *сут.* ≈ 2.14 *земных года* $\approx$ *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 (Промежуток времени между великими противостояниями Марса). Такой вариант 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.***

Задача 5.

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

Решение и система оценивания:

Приведённый в задаче угол соответствуют угловым расстояниям между Солнцем и планетами в элонгациях в приближении круговых орбит. Это легко проверяется на основе справочных данных ($46^o = \arcsin 0.72$, $22^o = \arcsin 0.38$*). В итоге угловое разделение Меркурия и Венеры составляет как раз приведённые в задаче* 68^o*. 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^o*, т.о. угол Меркурий-Солнце-Венера составляет* $180-68=112^o$*. 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:

$r_м = \sqrt{(a^2 - a_м^2)}$ => $r_м = \sqrt{(1^2 - 0.38^2)} \approx 0.92$ *а.е. – расстояние от Меркурия до Земли*

$r_в = \sqrt{(a^2 - a_в^2)}$ => $r_в = \sqrt{(1^2 - 0.72^2)} \approx 0.69$ *а.е. – расстояние от Венеры до Земли*

расстояние между Венерой и Меркурием $r = \sqrt{(0.72^2 + 0.38^2 - 2 \cdot 0.72 \cdot 0.38 \cdot \cos(112^o))}$;

$r = \sqrt{(0.5184+0.1444-0.5472\cdot(-0.3746))} = \sqrt{0.8678} = 0.93$*а.е.*

Для варианта 2 расчёт:

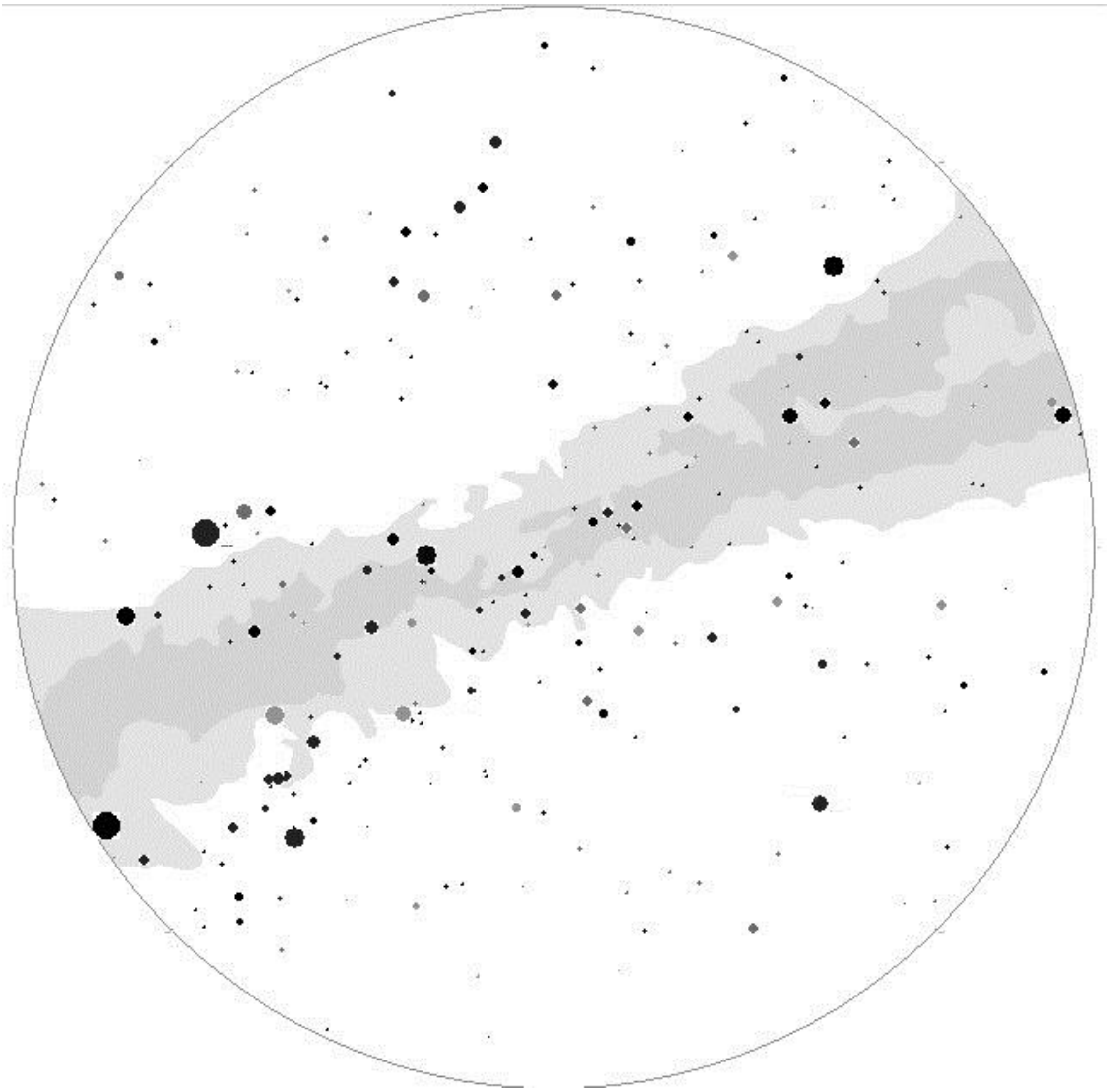
расстояние между Венерой и Меркурием $r = \sqrt{(0.92^2 + 0.69^2 - 2 \cdot 0.92 \cdot 0.69 \cdot \cos(68^o))}$

$r = \sqrt{(0.8464+0.4761-1.2696\cdot(0.3746))} = \sqrt{0.8469} = 0.92$*а.е.*

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

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.



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Бланк заданий *Муниципальный этап, 2025*

Решение и система оценивания:

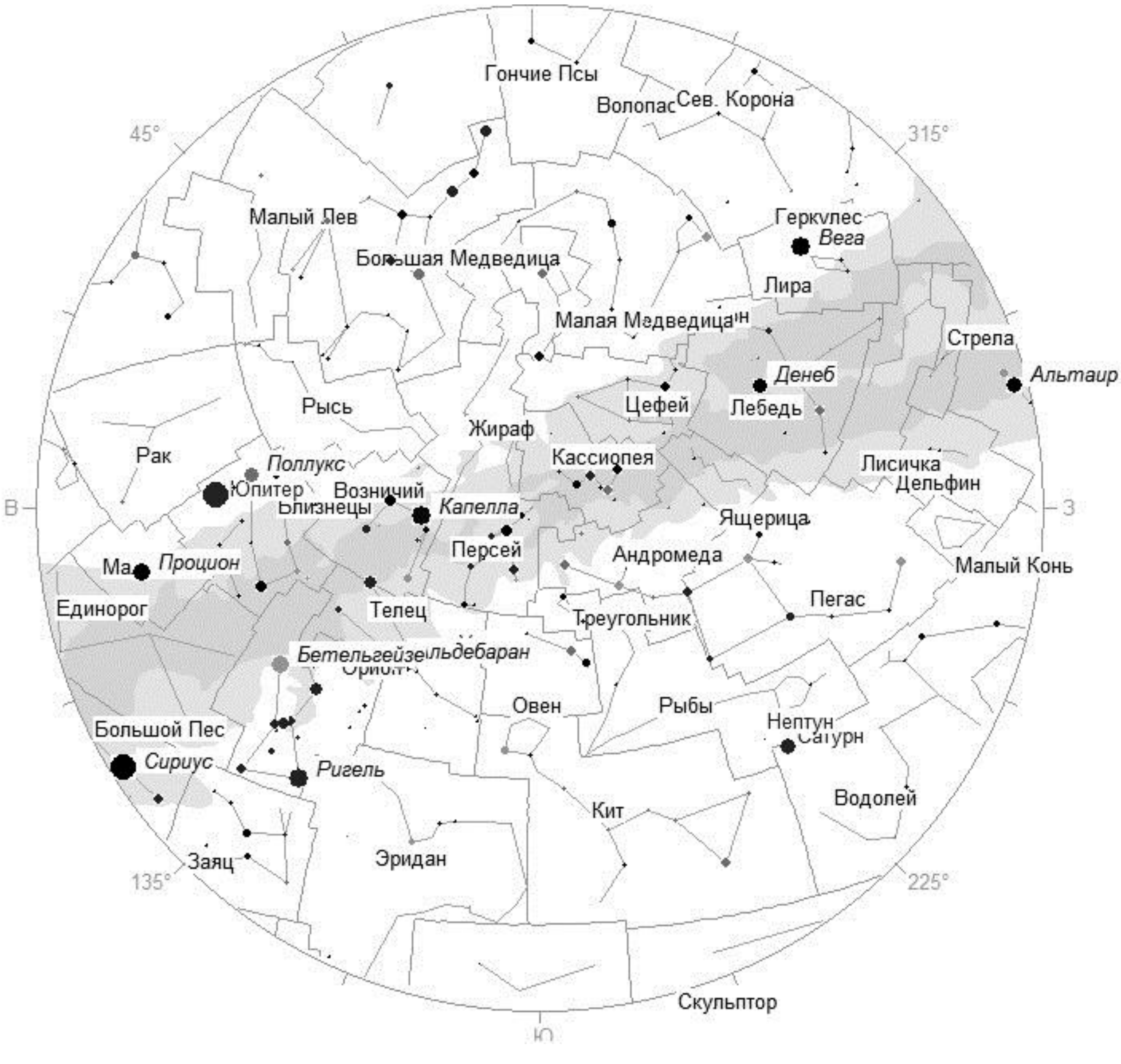
Каждое верно указанное созвездие оценивается в 0.5 балла, но не более 4 баллов суммарно

Каждая верно подписанная звезда – 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!)

За каждую верно подписанную планету - 1 балл, суммарно 2 балла.

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.



Справочные данные:

Большая полуось орбит некоторых планет:
Меркурий – 0.38 а.е.
Венера – 0.72 а.е.
Марс – 1.52 а.е.
1а.е.=$1.496 \cdot 10^8$ км; 1пк=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*м^2/кг^2;
Широта Казани – 55º47".
Зв.величина Солнца $m_С= -26.7^m$, Луны в полнолуние $m_Л = -12.7^m$, Венеры $m_В = -4.7^m$.