

Памятка

Тур проводится в течение одного урока (40–45 минут). Участникам **не разрешается использовать справочные данные.**

На следующих четырех страницах этого файла размещены условия задач разных возрастных параллелей (по 2–3 экземпляра на лист), а затем — решения и критерии для проверки.

За каждую задачу выставляется от 0 до 8 баллов, критерии выставления баллов приведены после решения каждой из задач. В критериях оценивания указаны баллы за отдельные этапы задачи, если соответствующий этап выполнен частично (не полностью, с ошибками), за него может быть выставлена часть баллов на усмотрение проверяющего.

Рекомендуется признавать победителями этапа участников, набравших не менее 12–16 баллов, призерами — не менее 8 баллов, к участию в районном этапе олимпиады допускать всех, набравших не менее 8 баллов. **Категорически запрещается** устанавливать какие-либо квоты на число победителей, призеров и приглашенных на следующий этап из одной школы или класса.

Участники могут при желании выступать за более старший класс, однако в дальнейшем до конца олимпиадного цикла не смогут вернуться обратно в свою возрастную параллель. По-видимому, участие за более старший класс является разумным только для очень сильных участников из 7 класса, которые могут претендовать на поездку на Заключительный этап Всероссийской олимпиады, а также для участников из 9–10 классов, уже являющихся победителями Заключительного этапа прошлого года. Во всех прочих случаях это нерационально.

4–7 классы

1. Вам даны пять названий планет Солнечной системы и пять названий спутников планет. Напишите для каждого из спутников название планеты, вокруг которой этот спутник обращается.

Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Нептун
Европа	Луна	Титан	Тритон	Фобос

2. Загадка: «Всю ночь за облаками светил фонарь с рогами». О чем идет речь? Найдите в загадке астрономическую ошибку и поясните, почему это ошибка.
 3. Орбита Марса расположена в полтора раза дальше от Солнца, чем орбита Земли. Расстояние от Земли до Солнца равно 150 миллионов километров и называется астрономической единицей (1 а.е.). Считая орбиты планет окружностями, определите наибольшее и наименьшее возможные расстояния между Землей и Марсом. Ответы выразите в а.е. и в километрах. Как называются соответствующие конфигурации Марса (варианты: квадратура, соединение, противостояние)?
-

4–7 классы

1. Вам даны пять названий планет Солнечной системы и пять названий спутников планет. Напишите для каждого из спутников название планеты, вокруг которой этот спутник обращается.

Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Нептун
Европа	Луна	Титан	Тритон	Фобос

2. Загадка: «Всю ночь за облаками светил фонарь с рогами». О чем идет речь? Найдите в загадке астрономическую ошибку и поясните, почему это ошибка.
3. Орбита Марса расположена в полтора раза дальше от Солнца, чем орбита Земли. Расстояние от Земли до Солнца равно 150 миллионов километров и называется астрономической единицей (1 а.е.). Считая орбиты планет окружностями, определите наибольшее и наименьшее возможные расстояния между Землей и Марсом. Ответы выразите в а.е. и в километрах. Как называются соответствующие конфигурации Марса (варианты: квадратура, соединение, противостояние)?

8–9 классы

1. 21 августа этого года произошло так называемое «Великое американское затмение» — полное солнечное затмение, которое было видно только в США. В каком созвездии находилась Луна в этот день? Ответ поясните.
 2. Период обращения Юпитера вокруг Солнца 12 лет. За это время Марс делает примерно 8 оборотов вокруг Солнца. Какая из планет пройдет за это время большее расстояние? Обоснуйте свой ответ.
 3. Протяженность Петербурга с севера на юг составляет 67 км. На сколько угловых минут отличаются широты северной и южной границ Петербурга?
-

8–9 классы

1. 21 августа этого года произошло так называемое «Великое американское затмение» — полное солнечное затмение, которое было видно только в США. В каком созвездии находилась Луна в этот день? Ответ поясните.
 2. Период обращения Юпитера вокруг Солнца 12 лет. За это время Марс делает примерно 8 оборотов вокруг Солнца. Какая из планет пройдет за это время большее расстояние? Обоснуйте свой ответ.
 3. Протяженность Петербурга с севера на юг составляет 67 км. На сколько угловых минут отличаются широты северной и южной границ Петербурга?
-

8–9 классы

1. 21 августа этого года произошло так называемое «Великое американское затмение» — полное солнечное затмение, которое было видно только в США. В каком созвездии находилась Луна в этот день? Ответ поясните.
2. Период обращения Юпитера вокруг Солнца 12 лет. За это время Марс делает примерно 8 оборотов вокруг Солнца. Какая из планет пройдет за это время большее расстояние? Обоснуйте свой ответ.
3. Протяженность Петербурга с севера на юг составляет 67 км. На сколько угловых минут отличаются широты северной и южной границ Петербурга?

10 класс

1. У звезды с массой, равной массе Солнца, есть планета, обращающаяся по круговой орбите с радиусом в десять раз меньше радиуса орбиты Земли вокруг Солнца. При наблюдении с Земли блеск звезды периодически становится меньше из-за прохождения по ее диску планеты. Найдите время между двумя последовательными снижениями блеска звезды и выразите его в земных сутках.
 2. Радиус орбиты Венеры составляет 0.7 а.е. Считая орбиты Венеры и Земли круговыми, определите наибольшее возможное угловое расстояние между Солнцем и Венерой при наблюдении с Земли. Чему будет равно расстояние в пространстве между Венерой и Землей в этот момент? Как называется такая конфигурация Венеры?
 3. Массы звезд Вега и Альдебаран примерно одинаковы, однако Вега — белого цвета, а Альдебаран оранжевый. Какая из этих звезд старше? Почему?
-

10 класс

1. У звезды с массой, равной массе Солнца, есть планета, обращающаяся по круговой орбите с радиусом в десять раз меньше радиуса орбиты Земли вокруг Солнца. При наблюдении с Земли блеск звезды периодически становится меньше из-за прохождения по ее диску планеты. Найдите время между двумя последовательными снижениями блеска звезды и выразите его в земных сутках.
 2. Радиус орбиты Венеры составляет 0.7 а.е. Считая орбиты Венеры и Земли круговыми, определите наибольшее возможное угловое расстояние между Солнцем и Венерой при наблюдении с Земли. Чему будет равно расстояние в пространстве между Венерой и Землей в этот момент? Как называется такая конфигурация Венеры?
 3. Массы звезд Вега и Альдебаран примерно одинаковы, однако Вега — белого цвета, а Альдебаран оранжевый. Какая из этих звезд старше? Почему?
-

11 класс

1. Искусственный спутник Марса движется по круговой орбите. Наблюдаемый в зените с поверхности Марса, он имеет видимую звездную величину 0^m . Вблизи горизонта его видимая звездная величина равна 5^m , причем условия освещенности спутника Солнцем не меняются. Определите, на какой высоте от поверхности Марса находится спутник. Поглощением света в атмосфере Марса пренебречь. Радиус Марса $R = 3.4$ тыс.км.
 2. В течение 18 сентября произошло сразу три покрытия Луной планет: Меркурия, Венеры и Марса, а также покрытие Луной звезды, являющейся самой яркой в своем созвездии. Зная, что 12 сентября Луна покрыла звезду Альдебаран из созвездия Тельца, скажите, в каком созвездии наблюдались звезда и планеты, которые Луна покрыла 18 сентября. Как называется эта звезда?
 3. Оцените радиус черной дыры, масса которой равна массе Солнца.
-

11 класс

1. Искусственный спутник Марса движется по круговой орбите. Наблюдаемый в зените с поверхности Марса, он имеет видимую звездную величину 0^m . Вблизи горизонта его видимая звездная величина равна 5^m , причем условия освещенности спутника Солнцем не меняются. Определите, на какой высоте от поверхности Марса находится спутник. Поглощением света в атмосфере Марса пренебречь. Радиус Марса $R = 3.4$ тыс.км.
 2. В течение 18 сентября произошло сразу три покрытия Луной планет: Меркурия, Венеры и Марса, а также покрытие Луной звезды, являющейся самой яркой в своем созвездии. Зная, что 12 сентября Луна покрыла звезду Альдебаран из созвездия Тельца, скажите, в каком созвездии наблюдались звезда и планеты, которые Луна покрыла 18 сентября. Как называется эта звезда?
 3. Оцените радиус черной дыры, масса которой равна массе Солнца.
-

4–7 классы — решения

1. *Решение.* Пары выглядят так: Европа – Юпитер, Луна – Земля, Титан – Сатурн, Тритон – Нептун, Фобос – Марс.

Оценивание. За каждую правильно указанную пару выставляется 2 балла. В случае, если правильных пар пять, то оценка составляет 8 баллов.

2. *Решение.* Речь идет о Луне. Луна с рогами, т.е. в фазе, когда освещено заметно меньше половины диска Луны, не может находиться на небе всю ночь, поскольку должна быть на небе где-то недалеко от Солнца. Она видна либо вечером в западной части неба, либо утром — в восточной.

Оценивание. Правильный ответ на загадку («Луна», «Месяц» и т.п.) оценивается 2 баллами. Указание, что наличие «рогов» и слова про «всю ночь» противоречат друг другу (в любой форме) — 3 баллами. Объяснение, почему эти условия противоречивы — 3 баллами.

3. *Решение.* Наибольшее расстояние Марса от Земли — во время его соединения (когда Марс и Солнце на небе оказываются рядом, «соединяются») и равно

$$r_{\max} = (1.5 + 1) \text{ а.е.} = 2.5 \text{ а.е.} = 375 \text{ млн. км.}$$

Наименьшее расстояние Марса от Земли — во время его противостояния (когда Марс и Солнце находятся в диаметрально противоположных направлениях на небе) и равно:

$$r_{\min} = (1.5 - 1) \text{ а.е.} = 0.5 \text{ а.е.} = 75 \text{ млн. км.}$$

Оценивание. За каждое правильно вычисленное расстояние в километрах участник получает 2 балла. За каждое правильно вычисленное расстояние в а.е. участник получает 1 балл. За каждую правильно названную конфигурацию участник получает 1 балл.

8–9 классы — решения

1. *Решение.* Поскольку в этот день наблюдалось солнечное затмение, то Луна должна была находиться в том же самом созвездии на небе, что и Солнце. Вспомнив примерные даты нахождения Солнца в зодиакальных созвездиях, можно сделать вывод, что Луна в этот день находилась в созвездии Льва.

Оценивание. Вывод о том, что Луна находится в том же созвездии, что и Солнце, оценивается 5 баллами. Указание в качестве ответа созвездия

Льва — еще 3 балла. Если участник в качестве ответа указал созвездия Девы или Рака (соседние со Львом) — еще 2 балла.

Указание, что созвездие должно быть зодиакальным, если дальнейшее решение отсутствует, оценивается 3 баллами.

2. *Решение.* Чем ближе планета к Солнцу, тем больше ее линейная скорость движения по орбите. Получить этот факт можно несколькими способами (решив задачу о движении по окружности под действием силы всемирного тяготения, получив скорость из III закона Кеплера, записав выражение для круговой скорости и т.п.). Чем больше линейная скорость тела, тем больший путь оно пройдет за один и тот же промежуток времени. Так как Марс ближе к Солнцу, то его скорость больше, чем у Юпитера, значит за 12 лет он пройдет большее расстояние, чем Юпитер.

Оценивание. Утверждение о том, что скорость движения планеты по орбите больше, если планета ближе к Солнцу, оценивается 2 баллами. За любое корректное обоснование этого утверждения добавляется 3 балла. Утверждение о том, что Марс ближе к Солнцу, чем Юпитер (в явном или неявно используемом виде) оценивается еще 2 баллами. Формулировка итогового ответа — +1 балл.

3. *Решение.* Дуга земного меридиана в 1° имеет длину около 111 км. Следовательно, искомая разность широт равна $(67/111)^\circ = 67/111 \cdot 60' \approx 36'$.

Оценивание. Известное значение длины дуги 1° оценивается 4 баллами. Таким же образом оценивается известное значение длины дуги $1'$, равное 1852 м, а также успешное вычисление любого из этих значений по данным о длине окружности Земли, радиусе Земли и т.п. Если была предпринята разумная попытка вычисления, давшая неверный ответ (из-за ошибки в исходных данных, арифметических ошибок и т.п.), оценка за этот этап задачи снижается до 2–3 баллов (в зависимости от количества ошибок), но следующий этап оценивается полностью.

Перевод расстояния, выраженного в км, в минуты оценивается 3 баллами. Если участник считает, что в 1° содержится не $60'$, а какое-то другое количество угловых минут, оценка за этот этап снижается до нуля.

Получение правильного итогового ответа (таковым считаются значения $36' \pm 2'$) оценивается +1 баллом.

10 класс — решения

1. *Решение.* Блеск звезды уменьшается из-за того, что часть ее диска закрывает планета. Соответственно, время между снижениями блеска —

это период обращения планеты вокруг звезды. Воспользовавшись III законом Кеплера $P^2 = a^3$, где P — период обращения планеты, выраженный в годах, а a — радиус орбиты планеты в астрономических единицах, получаем, что $P = (1/10)^{3/2} = 1/\sqrt{1000} \approx 0.03$ года ≈ 11 суток.

Оценивание. Вывод о том, что искомое время совпадает с орбитальным периодом планеты, оценивается 2 баллами. Еще 4 балла выставляются за вычисление периода (участник может вместо использования III закона Кеплера решать задачу о движении планеты по круговой орбите или действовать каким-либо другим способом). Еще 2 балла выставляются за получение ответа в сутках.

2. *Решение.* Конфигурация, при которой внутренняя планета наиболее удалена на небе от Солнца, называется элонгацией (или максимальной элонгацией). В такой ситуации треугольник Солнце – Венера – Земля будет прямоугольным (с прямым углом в Венере), а синус искомого угла α равен $\sin \alpha = 0.7/1.0 = 0.7$. Тогда $\alpha \approx 45^\circ$, а расстояние между Землей и Венерой будет примерно равно радиусу орбиты Венеры, т.е. 0.7 а.е.

Оценивание. Понимание участником (явно указанное или неявно используемое в решении), что радиус орбиты Земли равен 1 а.е., оценивается 2 баллами. Правильное вычисление углового расстояния оценивается 3 баллами (если верно определен только $\sin \alpha$, то 2 балла). Получение расстояния между Венерой и Землей — 2 балла, правильно названная конфигурация — 1 балл.

3. *Решение.* Времена эволюции звезд с одинаковыми массами совпадают, так что для звезд с одинаковыми массами цвет определяется их эволюционным статусом, т.е. возрастом. В описанной ситуации возможны два варианта. Первый: белая звезда является звездой главной последовательности, а оранжевая — красным гигантом (и тогда оранжевая старше). Второй: белая звезда является белым карликом, а оранжевая — звездой главной последовательности (и тогда белая старше). Второй вариант можно исключить, так как на небе нет белых карликов, видимых невооруженным глазом (а тем более являющихся, как Вега, яркими звездами). Еще один вариант исключения: если оранжевая звезда является звездой главной последовательности, то время эволюции звезд такой массы до стадии белого карлика превышает время существования Вселенной, следовательно, белая звезда при таких условиях просто не может существовать. Следовательно, верен первый вариант, и итоговый ответ — Альдебаран старше.

Оценивание. Формулировка правильного ответа (с обоснованием или без) оценивается 1 баллом. Указание на две возможных комбинации

эволюционных статусов звезд оценивается 3 баллами, а любое корректное обоснование невозможности второй комбинации — 4 баллами. Если участник рассматривает только первую комбинацию статусов и получает правильный ответ, такое решение оценивается 5 баллами.

11 класс — решения

1. *Решение.* Разница на 5 звездных величин соответствует разнице освещенностей в 100 раз. Значит, на горизонте спутник в 100 раз менее яркий, чем в зените. Т. к. освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника света, то расстояние до спутника на горизонте в 10 раз больше, чем расстояние до спутника в зените, равное искомой высоте h . По теореме Пифагора

$$R^2 + (10 \cdot h)^2 = (R + h)^2,$$

откуда $h = 2/99 \cdot R = 2/99 \cdot 3400 \approx 70$ км.

Оценивание. Правильное указание отношения освещенностей оценивается 3 баллами (участник может также воспользоваться определением видимой звездной величины и т.п.). Правильно вычисленное отношение расстояний до спутника на горизонте и в зените — 3 балла. Вычисление высоты спутника — 2 балла.

2. *Решение.* Луна совершает полный оборот вокруг Земли относительно звезд за примерно 27 суток. Между 12 и 18 сентября прошло 6 дней. За это время Луна переместилась по своей орбите чуть больше, чем на $1/5$ ее часть ($6/27 \approx 0.22$). Если приближенно считать, что за один полный оборот Луна проходит 12 зодиакальных созвездий, то за 6 дней Луна прошла $12 \cdot 0.22 \approx 2.6$ созвездия. Направление движения Луны по созвездиям совпадает с таковым для Солнца, т.е. 18 сентября Луна оказалась в третьем после Тельца зодиакальном созвездии, т.е. созвездии Льва. Самая яркая звезда этого созвездия называется Регул.

Оценивание. Знание звездного (сидерического) периода обращения Луны оценивается 2 баллами. Если участник считает, что период равен 29 или 30 дням, вместо 2 баллов выставляется 1 балл. Вычисление, на сколько созвездий сместится Луна, оценивается 2 баллами (вне зависимости от принятой продолжительности сидерического месяца). 1 балл ставится за указание (явное или неявное) направления смещения. 2 баллами оценивается правильное название созвездия (1 балл — если в качестве ответа указаны Рак или Дева). Еще 1 балл выставляется за указание названия звезды (если участник в качестве созвездия указал Деву, то тот же балл выставляется за указание звезды Спика).

3. *Решение.* Одним из возможных вариантов определения черной дыры является утверждение, что это объект, вторая космическая скорость для которого равна скорости света. Следовательно,

$$\sqrt{\frac{2GM_{\odot}}{R}} = c,$$

откуда $R = \frac{2GM}{c^2}$ (все обозначения стандартны). Подставляя числовые данные, получаем ответ $R \approx 3$ км.

Оценивание. Указание, что вторая космическая скорость для черной дыры равна скорости света, оценивается 2 баллами (если участник здесь или далее путает 2-ю и 1-ю космические скорости, то выставляется 1 балл). Запись готового выражения для второй космической скорости (или его получение) оценивается 2 баллами, знание необходимых констант — скорости света, массы Солнца и гравитационной постоянной (или вычисление GM_{\odot} , например, из данных о радиусе орбиты Земли и продолжительности года) — по 1 баллу за каждую константу, вычисление окончательного ответа — 1 балл.