

**Ключи и критерии оценивания к заданиям муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2025/2026 учебного года
7-8 класс**

1 задание: Следующий раз (8 баллов)

Сотрудники обсерватории на экваторе Марса составляют расписание работ для слежения за изменениями в смерче юпитерианской атмосферы (Большое Красное Пятно – БКП), который вращается вместе с Юпитером.

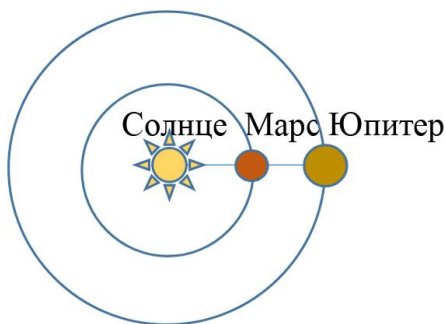
А. Считая орбиты круговыми, нарисуйте взаимное расположение Марса, Юпитера и Солнца, при котором возможны наиболее подробные наблюдения БКП. Подпишите объекты на рисунке и объясните свой выбор их расположения.

Б. Рассчитайте, на каком расстоянии в этот благоприятный период будут находиться центры Марса и Юпитера. Ответ запишите в миллионах километров.

В. Укажите наименьший промежуток времени в часах, через который возможно видеть с Марса БКП Юпитера. Объясните свой ответ.

Решение:

А. Наиболее подробные наблюдения БКП с Марса возможны тогда, когда планеты находятся на наименьшем расстоянии друг от друга, т.е. вблизи прямой, соединяющей центры Солнца, Марса и Юпитера, а свет Солнца не мешает наблюдениям (ночью Марса). Такая конфигурация называется противостояние:



Б. Из таблицы справочных данных о планетах находим средние расстояния Марса 1.52 а.е. и Юпитера 5.2 а.е. от Солнца, вычитаем из большего меньшее $5.2 - 1.52 = 3.68$ а.е. и переводим а.е. в км: $3.68 \times 150\,000\,000 = 5.52 \times 10^8$ км (552 млн. км.)

В. Для ответа на задание необходимо выяснить время, через которое планеты снова окажутся на прямой по одну сторону от Солнца, а БКП при этом повернется в сторону Марса, т.е. учесть орбитальное движение планет и их суточное вращение. Качественный анализ справочных данных позволяет сделать вывод, что, имея период обращения в 11.86 лет, Юпитер за полный оборот Марса в 686.98 суток = 1.88 лет изменит положение на своей орбите примерно на 1/6 оборота, т.е. следующего противостояния еще не случится. Можно напрямую рассчитать синодический период Юпитера с Марса, получив несколько лет.

Вывод: вращение планет вокруг Солнца можно не рассматривать, т.к. временной промежуток велик – около двух лет. Из таблиц справочных данных о суточном вращении находим сутки Марса 24.63 ч. и Юпитера 9.92 ч. Вращение планет происходит в одну сторону, но Марс вращается вокруг своей оси медленнее Юпитера, ночь на экваторе Марса длится половину суток – 12.32 ч., поэтому, если первый раз смерч наблюдался вечером, за половину марсианских суток БКП Юпитера успеет сделать более одного оборота вокруг оси планеты-гиганта и вновь появится для наблюдателей на Марсе. Указываем в качестве наименьшего промежутка времени период осевого вращения Юпитера – 9.92 ч.

Критерии оценивания

Пункт задания	Содержание	Балл
А	Верный рисунок: Солнце, Марс и Юпитер на одной линии, планеты по одну сторону от Солнца, все тела подписаны	1
	Объяснение наилучших условий как наименьшего расстояния между планетами, может быть использован термин «противостояние»	1
	Рисунок без подписей и объяснений	0
Б	Из таблицы справочных данных верно взяты расстояния до планет, найдена их разность	1
	Число в миллионах км попадает в интервал [550;554]	2
В	Оценен синодический период Юпитера с Марса – более года	1
	Сравнены периоды суточного вращения планет, взятые из таблиц справочных данных	1
	Сделан вывод о наименьшем промежутке как периоде суточного оборота Юпитера – 9-10 часов	1
Итого		8

2 задание: Тени исчезают в полдень? (8 баллов)

Путешественник проверил, что в пункте его остановки звезда Бетельгейзе со склонением $\delta = +6^\circ 21'$ не поднимается над южным горизонтом выше, чем на $h = 63^\circ 18'$. Путешественник хочет сфотографировать местную достопримечательность, не отбрасывающую никакой тени, в солнечный полдень

А. При каком условии предмет, освещенный Солнцем, не отбросит тени? Укажите интервал земных широт $[\varphi_1; \varphi_2]$, где это явление можно наблюдать в полдень хотя бы один раз в году.

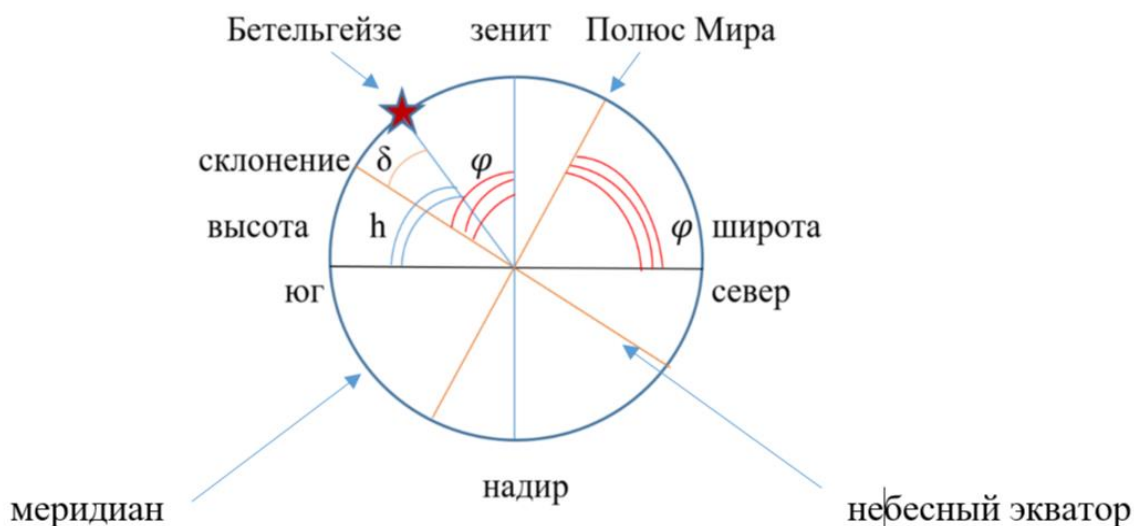
Б. Нарисуйте плоскость меридиана, полуденную линию «север-юг», отвесную линию «зенит-надир», небесный экватор, направления на Полус Мира и звезду Бетельгейзе в меридиане. Укажите на рисунке высоту, склонение Бетельгейзе и широту пункта наблюдения. Вычислите широту φ пункта наблюдения.

В. Удастся ли путешественнику наблюдать исчезновение теней в полдень, не покидая пункт остановки? Объясните свой ответ.

Решение:

А. Предмет, освещенный Солнцем, не отбросит тени только тогда, когда солнечные лучи образуют с поверхностью Земли прямой угол, т.е. Солнце находится в зените. Так бывает в поясе земных широт от северного тропика до южного тропика в интервале $[-23.5^\circ; +23.5^\circ]$.

Б.



$$\varphi = 90^\circ - h + \delta = 90^\circ - 63^\circ 18' + 6^\circ 21' = +33^\circ 03'$$

В. Путешественнику не удастся наблюдать исчезновение теней в полдень, не покидая пункт остановки, т.к. широта этого пункта не попадает в интервал широт, указанный в А. Пункт остановки находится севернее северного тропика.

Критерии оценивания

Пункт задания	Содержание	Балл
А	Указание условия, когда тень отсутствует: Солнце в зените или прямой угол солнечных лучей с поверхностью Земли	1
	Указание интервала широт $[-23.5^\circ; +23.5^\circ]$ или указание на экваториальный пояс широт между северным и южным тропиками	1
Б	Верный рисунок с указанием линий «юг-север», «зенит-надир», небесного экватора, мест Полюса Мира, Бетельгейзе и углов: высоты h , склонения δ и широты φ	1
	Приведен расчет широты места с точностью до целого градуса	3
В	Вывод о том, что путешественнику не удастся увидеть исчезновение теней в полдень	1
	Объяснение неудачи положением на широте 33° , т.е. севернее северного тропика	1
Итого		8

3 задание: Впереди маяк! (8 баллов)

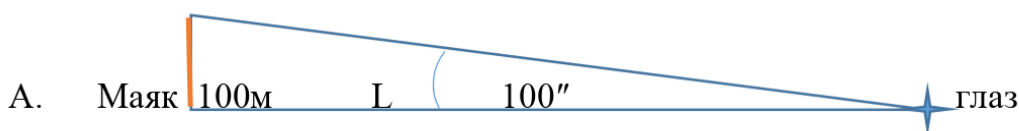
Космический маяк ведет звездолет по радиолучу. Штурман-стажер звездолета хочет настолько приблизиться к маяку, чтобы разглядеть его форму невооруженным глазом.

А. Нарисуйте схему расположения звездолета относительно маяка. Укажите на ней глаз наблюдателя, маяк, угол, под которым глазу виден маяк, и путь к маяку.

Б. Разрешающая способность глаза человека более $100''$. По вашему рисунку объясните, почему такой угол можно считать малым и применить к нему правила расчета малых углов? В каких единицах нужно выразить угол для применения этих правил?

В. С какого расстояния L стажер увидит маяк размером 100 м не как светящуюся точку? Ответ дать целым числом километров.

Решение:



Б. Угол $100''$ можно считать малым и применить к нему правило расчета малых углов, т.к. в прямоугольном треугольнике с таким углом длина большего катета близка к длине гипотенузы, что видно и из построения в предыдущем пункте. Малыми уверенно (*с точностью до сотых*) считаются углы до 15° . Угол нужно выразить в радианах: $1 \text{ рад} \approx 206\,265''$.

В. По правилу расчетов малых углов:

$$\frac{100''}{206265''} = \frac{100 \text{ м}}{L \text{ м}}$$

откуда

$$L = \frac{206265'' \times 100 \text{ м}}{100''} = 206\,265 \text{ м} = 206 \text{ км}$$

Если участник знает тригонометрические функции, то на калькуляторе может рассчитать

$$L = \frac{100 \text{ м}}{\operatorname{tg}\left(\frac{100''}{3600''}\right)} = 206\,264.7 \text{ м} = 206 \text{ км.}$$

Критерии оценивания

Пункт задания	Содержание	Балл
А	Верный рисунок с указанием маяка, глаза, угла, под которым глаз начнет видеть маяк не как светящуюся точку, и расстояния до маяка	2
Б	Указание на критерий малости угла как примерное равенство катета гипотенузе в прямоугольном треугольнике	1
	Указание на необходимость перехода в радианную меру угла для дальнейших расчетов	1
В	Расчет угла $100''$ в радианах и определение расстояния, с которого маяк будет виден не как светящаяся точка	2
	Верное округление и выражение расстояния в километрах – 206 км	2
Итого		8

4 задание: Из дневника наблюдений (8 баллов)

«Полная Луна сильно мешала наблюдениям. В бинокль рядом с ней удалось увидеть Альдебаран и Юпитер».

А. В каком созвездии наблюдатель увидел Юпитер и Луну? Объясните свой ответ.

Б. В каком месяце года состоялись наблюдения? Объясните свой ответ.

В. Какие небесные объекты мог бы увидеть невооруженным глазом и в бинокль автор дневника рядом с Юпитером через две недели в случае ясной ночи? Объясните свой ответ.

Решение:

А. Рядом с Луной был виден Альдебаран – самая яркая звезда в созвездии Тельца.

Б. Полная Луна видна в Тельце. Солнце находится там в мае, значит, во время наблюдений оно находилось в противоположной части Зодиака: в Скорпионе или Змееносце. Таким образом, месяцем наблюдений является ноябрь.

В. Через две недели наступает новолуние, Луна не будет мешать наблюдениям. Юпитер за указанный промежуток времени не покинет созвездие Тельца, и рядом с ним невооруженным глазом можно увидеть звезду Альдебаран, звездные скопления Плеяды и Гиады, в бинокль рядом с Юпитером можно разглядеть его галилеевы спутники Ио, Европу, Ганимед и Каллисто.

Критерии оценивания

Пункт задания	Содержание	Балл
А	Указание созвездия Телец	1
	Объяснение наблюдений в Тельце близостью к Луне звезды Альдебаран – Альфы Тельца	1
Б	Указание на взаимное расположение Солнца и Луны: Луна в полнолуние находится для земного наблюдателя в противоположной Солнцу части Зодиака	1
	Определение времени нахождения Солнца в созвездии Телец (май) <i>или</i> определение современного наблюдениям положения Солнца – Скорпион или Змееносец	1
	Указание на месяц наблюдений – ноябрь	1
В	Указание на небольшое за две недели перемещение Юпитера из созвездия Тельца	1
	Указание на возможность наблюдений Плеяд и Гиад невооруженным глазом	1
	Объяснение возможности наблюдений галилеевых спутников Юпитера в бинокль новолунием	1
Итого		8

5 задание: Полетели метеоры! (8 баллов)

Земля дважды в год проходит через вещество разрушающейся кометы Галлея, которое движется по ее орбите. Вследствие этого на Земле наблюдаются метеорные потоки Майские Аквариды с 19 апреля по 28 мая и Ориониды со 2 октября по 7 ноября.

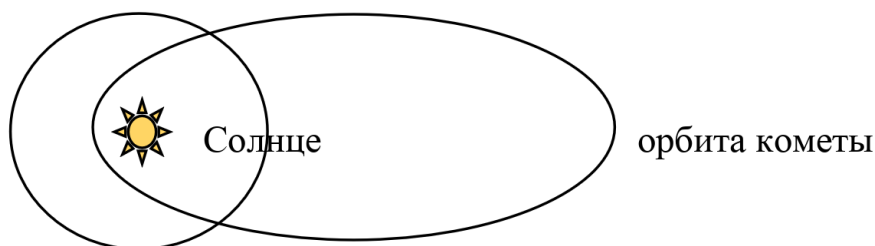
А. Нарисуйте орбиты Земли и кометы вокруг Солнца в предположении, что движение тел происходит в одной плоскости. Подпишите на рисунке Солнце, орбиты Земли и кометы.

Б. Где в Солнечной системе и при каких условиях возможны наблюдения метеорных потоков?

В. Оцените среднюю ширину метеорного потока на орбите кометы Галлея в предположении, что орбита Земли пересекает поток перпендикулярно его оси. Ответ дать в млн. км.

Решение:

А. орбита Земли



Б. Наблюдения метеорных потоков возможны на планетах с прозрачной и достаточно плотной атмосферой, в которой метеорные частицы светятся из-за разогрева трением: например, на Земле, на Марсе. Небо должно быть достаточно темным: без городской засветки и света Луны.

В. Майские Аквариды действуют 40 суток, Ориониды – 36 суток.

Среднее время действия потоков:

$$t = \frac{40 + 36}{2} = 38 \text{ суток} = 38 \times 24 \times 3600 = 3\,283\,200 \text{ сек.}$$

Земля проходит через метеорный поток со скоростью на круговой орбите:

$$v = \frac{2 \times 3.14 \times 1.5 \times 10^5 \text{ км}}{365,25 \times 24 \times 3600 \text{ с}} = 29,85 \frac{\text{км}}{\text{с}} \approx 30 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

Путь Земли через метеорный поток, т.е. его ширину, можно оценить как

$$L = tv = 3\,283\,200 \times 30 = 98\,496\,000 \text{ км} \approx \mathbf{98.5 \text{ млн. км.}}$$

Критерии оценивания

Пункт задания	Содержание	Балл
А	Верный рисунок с указанием Солнца, круговой орбиты Земли и орбиты кометы с двумя пересечениями Землей орбиты комет	1
	Если комета возвращается каждый год, то орбита кометы замкнута	1
Б	Указание на прозрачность и плотность атмосферы планеты как условия наблюдений метеоров	1
	Указание в качестве примеров планет Земли и/или Марса	1
	Указание на темноту неба и отсутствие засветки	1
В	Определение временных интервалов действия метеорных потоков и среднего интервала	1
	Расчет орбитальной скорости Земли (участник может знать ее наизусть)	1
	Оценка ширины метеорного потока в интервале [95; 99] млн. км.	1
Итого		8

6 задание: Пустота внутри (8 баллов)

Кометы являются пористыми объектами, состоящими из льда (смесь воды и углекислого газа в твердом состоянии), пыли и пустот. Масса пыли составляет 0,6 от массы кометы, а масса льда кометы 0,4 от массы кометы. С учетом, что средняя плотность кометы составляет 530 кг/м^3 , плотность льдов кометы 1000 кг/м^3 , а плотность пыли 3800 кг/м^3 , определите:

1. Во сколько раз объем кометы больше объема её вещества (пыли и льда)?
2. Во сколько раз отличается объем пустот и объем вещества кометы?
3. Во сколько раз отличается объем пустот и объем всей кометы? Из чего в основном состоят кометы: из вещества или из пустот?

Решение:

1. Пусть V – объем всей кометы, $V_{\text{п}}$ – объем, занимаемый пустотами, $V_{\text{в}}$ – объем, занимаемый веществом. С соответствующими нижними обозначениями также введем массы m и плотности ρ . Определим отношение объема кометы к объему вещества кометы.

Объем вещества составляют объемы пыли и льда ($V_{\text{пыли}}$ и $V_{\text{льда}}$ соответственно), а значит

$$V_{\text{в}} = V_{\text{пыли}} + V_{\text{льда}} = \frac{m_{\text{пыли}}}{\rho_{\text{пыли}}} + \frac{m_{\text{льда}}}{\rho_{\text{льда}}}$$

Тогда получим

$$\begin{aligned} \frac{V}{V_{\text{в}}} &= \frac{\frac{m}{\rho}}{\frac{m_{\text{пыли}}}{\rho_{\text{пыли}}} + \frac{m_{\text{льда}}}{\rho_{\text{льда}}}} = \frac{\frac{1}{\rho}}{\frac{m_{\text{пыли}}}{m} \frac{1}{\rho_{\text{пыли}}} + \frac{m_{\text{льда}}}{m} \frac{1}{\rho_{\text{льда}}}} = \\ &= \frac{1}{0,6 \cdot \frac{1}{3800} + 0,4 \cdot \frac{1}{1000}} \approx 3.38. \end{aligned}$$

2. Определим теперь отношение между объемом пустот и объемом вещества. В силу того, что комета состоит из вещества и пустот,

$$V = V_{\text{в}} + V_{\text{п}},$$

Отношение объема кометы к объему её вещества может быть выражено через отношение объема пустот к объему вещества, как

$$\frac{V}{V_{\text{в}}} = \frac{V_{\text{в}} + V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} + 1.$$

Это значит, что

$$\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}} = \frac{V}{V_{\text{в}}} - 1 \approx 3.38 - 1 = 2.38$$

3. Найдем отношение объема пустот кометы к объему всей кометы:

$$\frac{V_{\text{п}}}{V} = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{п}} + V_{\text{в}}} = \frac{1}{\left(\frac{V_{\text{п}} + V_{\text{в}}}{V_{\text{п}}}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{V_{\text{в}}}{V_{\text{п}}}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\left(\frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{в}}}\right)}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2.38}} \approx 0.70.$$

Итого, пустоты занимают 70% от всего объема кометы, а значит кометы в основном состоят из пустот. Действительно, например, комета Чурюмова-Герасименко по оценкам состоит примерно на 80% из пустот.

Критерии оценивания

№	Критерий	Баллы
1	Приведена или использована неявно корректная общая формула для нахождения объема через среднюю плотность и массу.	1
	Отсутствует общая корректная формула для нахождения объема через среднюю плотность и массу.	0
2	Приведено или использовано неявно корректное выражение для нахождения объемов вещества кометы через объем льда и объем пыли.	1
	Отсутствует корректное выражение для нахождения объема вещества кометы через объем льда и объем пыли.	0
3	Приведена корректная формула для получения отношения между объемом всей кометы и объемом вещества кометы через известные величины. <i>Важно получить в выражении отношение масс между льдом/пылью и кометой, поскольку именно данное выражение даётся по условию задачи. Если участник привел исключительно формулу вида</i> $\frac{V}{V_{\text{в}}} = \frac{\frac{m}{\rho}}{\frac{m_{\text{пыли}}}{\rho_{\text{пыли}}} + \frac{m_{\text{льда}}}{\rho_{\text{льда}}}}$ <i>и не получил в дальнейшем численный ответ, то это нужно понимать, как отсутствие корректной формулы.</i>	2
	Отсутствует корректная формул для получения отношения между объемом всей кометы и объемом вещества кометы через известные величины.	0
	Совершена арифметическая ошибка.	-1

4	Приведена корректная формула для получения отношения между объемом пустот кометы и объемом вещества кометы. <i>Корректное численно значение не обязательно.</i>	1
	Отсутствует корректная формула для получения отношения между объемом пустот кометы и объемом вещества кометы.	0
5	Приведено корректное отношение объема пустот к объему всей кометы через известные величины. <i>Аналогично критерию 3, если численного ответа нет, то необходимо обратить внимание, можно ли явно подставить в полученную формулу численные значения, приведенные в условиях задачи или из оценок, приведенных участником.</i>	2
	Отсутствует корректное отношение объема пустот к объему всей кометы через известные величины.	0
	Совершена арифметическая ошибка.	-1
6	Сделано верное заключение о том, из чего в основном состоят кометы. <i>При условии, если за критерии 1-5 участник получил полный балл, при том участник не даёт ответа на этот вопрос, за данный критерий также выставляется полный балл.</i> <i>Заключение может быть сделано на основе оценок, полученных с арифметической ошибкой. При условии корректности всех формул, если из данных значений действительно следует другой результат, выставляется полный балл.</i>	1
	Сделано неверное заключение о том, из чего в основном состоят кометы.	0
Максимальный балл		8

Примечания к оцениванию б задания:

Если в баллах указывается только число без каких-либо дополнительных знаков (например, «2»), то это значит, сколько баллов нужно выставить участнику по данному критерию, если выполняется соответствующий критерий решения задания.

Если в баллах указывается перед числом знак «минус» (например, «-1»), это значит, что необходимо вычесть соответственно это число из балла, полученному за данный критерий, если выполняется условие «вычитающего» критерия. Так, например, если за критерий получено 2 балла, но также выполняется критерий «Совершена арифметическая ошибка, -1», то выставляется $2-1 = 1$ балл.

Важно, что за конкретный критерий участник не может получить отрицательное количество баллов. Так, если участник получил 0 баллов за некорректно приведенную формулу и удовлетворил критерий «совершена арифметическая ошибка, -1», то ему выставляется 0 баллов.

Совершенная на раннем этапе арифметическая ошибка не должна влиять на оценку дальнейших пунктов.