



*В Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«Центр дополнительного образования одарённых школьников»*

АСТРОНОМИЯ, 2021

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проверке и оценке решений
муниципального этапа
всероссийской и областной олимпиад школьников
по астрономии

в Кировской области
в 2021/2022 учебном году

Киров
2021

Печатается по решению методической комиссии регионального этапа всероссийской и областной олимпиад школьников по астрономии в Кировской области

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений задач муниципального этапа олимпиады всероссийской и областной олимпиад школьников по астрономии в 2021-2022 учебном году / Сост. Е.В. Горшкова, Т.В. Жбанникова, А.Н. Ильина, М.А. Кислицына, Т.А. Сысоева, Д.В. Перевощиков, – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2021. – 12 с.

Авторы, составители и источники задач

Жбанникова Т. В.: 5-6.1 (7.1, 8.1), 5-6.2 (7.2), 5-6.3, 5-6.4, 5-6.5.

Ильина А.Н.: 7.4, 7.5 (8.5).

Сысоева Т.А.: 8.2, 8.3 (7.3), 8.4.

Горшкова Е. В.: 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5., 9.6.

Кислицына М. А.: 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6.

Перевощиков Д.В.: 11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5, 11.6.

5-6.3 – Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада, 2012год.

ЗАДАНИЯ

5–6-е классы

1. Увидит ли наблюдатель на небе Марса Полярную звезду и будет ли она «компасом» для определения сторон света, т.е. указывать на направление Северного полюса мира?

2. Планета, комета, галактика, астероид, звезда. Вычеркните лишнее из этого списка и обоснуйте свой ответ.

3. Существует гипотеза о планете Фэтон, для которой среднее расстояние от Солнца составляло около 3 а.е. Определите предполагаемое положение планеты в Солнечной системе, учитывая средние расстояния планет от Солнца. Рассчитайте среднее расстояние от Земли до Фэтона в их максимальном удалении и максимальном сближении, покажите это на схеме Солнечной системы. Для Земли среднее расстояние от Солнца 1 а.е, для Марса – $1\frac{1}{2}$ а.е., для Юпитера – 5 а.е.

4. Звезда, масса которой равна 5 массам Солнца, каждый год теряет за счет звездного ветра массу, равную массе Земли. За какое время звезда потеряет $\frac{1}{5}$ массы, если известно, что масса Солнца больше массы Земли в 300 тысяч раз?

5. Особое место среди созвездий занимают 12 зодиакальных созвездий, через которые проходит годичный путь Солнца на небе, порядок следования созвездий всегда неизменен. Созвездия часто используются в быту, например, при оформлении циферблата часов. При этом название созвездия заменяется символом знака зодиака. Знаку Овна соответствует начало звездных суток на циферблате 12 час. Ваша задача распределить и нарисовать по циферблату вместо цифр часов знаки зодиака. (Если не знаете символы знаков зодиака, напишите словами названия созвездий).

7-й класс

1. Увидит ли наблюдатель на небе Марса Полярную звезду и будет ли она «компасом» для определения сторон света, т.е. указывать на направление Северного полюса мира?

2. Планета, комета, галактика, астероид, звезда. Вычеркните лишнее из этого списка и обоснуйте свой ответ.

3. Полярный день и полярная ночь – это промежутки времени, когда Солнце не показывается над горизонтом и «не прячется» за него. Солнце полгода подряд находится над горизонтом на Северном полюсе Земли, а полгода – под горизонтом. А как ведет себя Луна на Северном полюсе?

4. Среднее расстояние от Сатурна до Солнца 9,5 астрономических единиц. Если космический аппарат исследует и фотографирует планету Сатурн и его спутники, то за какое минимальное время информация, полученная аппаратом, достигает Земли? 1 астрономическая единица (1 а.е.) равна 150 млн. км. Скорость света 300000 км/с.

5. Жители Дальнего Востока, Камчатки и Чукотки в России могли наблюдать 26 мая 2021 года (среда) лунное затмение (середина затмения в 14 ч 22 мин по моск. времени). Могло ли оно наблюдаться в Кирове? Какое явление могли увидеть жители Земли 10 июня 2021 года? Могло ли оно наблюдаться в Кирове? Ответ поясните.

8-й класс

1. Увидит ли наблюдатель на небе Марса Полярную звезду и будет ли она «компасом» для определения сторон света, т.е. указывать на направление Северного полюса мира?

2. Представим себе, что из-за загрязнения, температура на поверхности Земли начнет повышаться, вода будет испаряться. Рассчитайте, во сколько раз изменится атмосферное давление, если испарится весь Мировой океан? Средняя глубина океана 4 км, атмосферное давление 10^5 Па = 1 атм, ускорение свободного падения 10 Н/кг, плотность воды 1000 кг/м³.

3. Полярный день и полярная ночь – это промежутки времени, когда Солнце не показывается над горизонтом и «не прячется» за него. Солнце полгода подряд находится над горизонтом на Северном полюсе Земли, а полгода – под горизонтом. А как ведет себя Луна на Северном полюсе?

4. В результате вспышки сверхновой звезды в космическое пространство выделяется вещество и энергия. К примеру, среди данного вида светил отмечают ярчайшую за прошлый век **SN 1987A**, а лидером нынешнего столетия пока выступает **SN 2006gy**. Определите расстояние до звезды, если космический телескоп «Хаббл» зарегистрировал световую вспышку сверхновой звезды, а через 20 часов специальный прибор зарегистрировал поток частиц от этой вспышки. Скорость движения частиц $v=0,99999c$, где $c=300000$ км/с – скорость света.

5. Жители Дальнего Востока, Камчатки и Чукотки в России могли наблюдать 26 мая 2021 года (среда) лунное затмение (середина затмения в 14 ч 22 мин по моск. времени). Могло ли оно наблюдаться в Кирове? Какое явление могли увидеть жители Земли 10 июня 2021 года? Могло ли оно наблюдаться в Кирове? Ответ поясните.

9-й класс

1. Справедливы ли утверждения:

- а) астрономия – наука, изучающая звезды;
- б) созвездия – это определенная конфигурация звезд на небе;
- в) Полярная звезда – самая яркая звезда в северном полушарии;
- г) Россия сейчас живет по григорианскому календарю;
- д) расстояние до звезд во Вселенной принято измерять в астрономических единицах;
- е) число больших планет в Солнечной системе равно 8;
- ж) годовой путь Солнца среди звезд проходит по 13 зодиакальным созвездиям;
- з) желтые звезды – самые горячие.

Ответы «да» или «нет» проставить в таблице:

а)	б)	в)	г)	д)	е)	ж)	з)

2. Определите массу Солнца, если Земля обращается вокруг Солнца на расстоянии 1 а.е. с периодом 1 год. (Орбиту Земли считать круговой)

3. Назовите самый распространенный элемент во Вселенной. Назовите самый распространенный элемент на Земле.

4. На некоторой планете сила тяжести составляет 0,01 земной, а продолжительность суток такая же, как и на Земле. На экваторе этой планеты тела невесомые. Определите радиус этой планеты.

5. Человек видит на небе узкий серп Луны. Более широким или более узким он станет на следующие сутки? Поясните ответ.

6. Каким барометром можно измерить давление воздуха в искусственном спутнике, движущемся по орбите вокруг Земли? Ответ поясните.

10-й класс

1. Расположите объекты по мере удаления от Земли: М31, Проксима Центавра, Крабовидная туманность, облако Оорта. Поясните, к какому классу объектов они относятся.

2. На какую максимальную высоту Солнце поднимается над горизонтом на широте города Кирова в течение года?

3. На астрографе за 10 минут накопления света регистрируются звёзды до 10^m . Если увеличить время накопления в 100 раз, то звёзды какой звёздной величины можно зарегистрировать? (Фоном неба пренебречь).

4. Межзвёздная среда поглощает свет с длиной волны $\lambda = 6284 \text{ \AA}$. С какой скоростью и

в каком направлении должен двигаться небесный объект (по отношению к земному наблюдателю), чтобы линия $H_{\beta} = 4861\text{Å}$ была поглощена межзвездной средой?

5. В 2021 году исполняется 365 лет английскому астроному Эдмунду Галлею. Одно из его открытий – короткопериодическая комета, получившая его имя. Комета Галлея обращается вокруг Солнца с периодом примерно $T = 75,4$ г, эксцентриситет орбиты $e=0,967$. 9 февраля 1986 г. она приблизилась к Солнцу на минимальное расстояние $q = 0,587$ а. е., при этом её скорость была $V_q = 70,56$ км/с. На какое максимальное расстояние она удалялась от Солнца и с какой скоростью она там двигалась? Оцените, когда она приблизится к Солнцу в следующий раз. Характеристики орбиты кометы занесите в таблицу:

Период T , г	Б. полуось a , а.е.	Мин. расстояние q , а.е.	Мах. расстояние Q , а.е.	Мин. скорость $v_{\min}$, км/с	Мах. скорость $v_{\max}$, км/с	Дата следующего появления

6. 20 августа 2021 года Юпитер оказался в противостоянии. Оцените, на какое угловое расстояние (в градусах) он смещался за сутки относительно звёзд вблизи этой даты. Орбиту считать круговой.

11-й класс

1. На каких телах Солнечной системы имеются моря? Какой смысл имеет этот термин для разных космических тел?

2. В небе над Землей на высоте около 500 км столкнулись два спутника. Угол между траекториями спутников в момент столкновения составлял 60° . Найдите диапазон возможных значений относительной скорости спутников при столкновении.

3. При наблюдении звезды в верхней кульминации в двух пунктах на экваторе обнаружилась разница во времени 3 часа. При этом ее высота над горизонтом составляла 72° и 82° . Оцените расстояние между пунктами, в которых проводились наблюдения.

4. Оцените отношение наибольшего возможного и наименьшего угловых размеров Марса при наблюдении с Земли. Период обращения Марса вокруг Солнца равен 2 годам. Орбиты Земли и Марса считать круговыми.

5. Звездные величины двух звезд одинаковой светимости отличаются на 5^m . Определите отношение расстояний до этих звезд.

6. Известно, что любой объект излучает электромагнитные волны. Какое излучение идет от планеты Земля? Откуда появляется это излучение?

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Основные постоянные и наиболее важные величины

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Видимый угловой диаметр Солнца и Луны $0,5^\circ$

Координаты Кирова: $\varphi_K = 58,6036^\circ \text{ с.ш.}$, $\lambda_K = 49,668^\circ \text{ в.д.}$

Период обращения Юпитера 11,86 г.

Большая полуось орбиты Юпитера 5,2 а.е. (778,3 млн.км).

Период вращения Земли вокруг оси 23 ч 56 мин 4 с.

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И РАЗБАЛЛОВКА

5–6-е классы

1. На небе Марса наблюдаются те же созвездия, что и на Земле, поэтому увидеть созвездие Малой Медведицы и Полярную звезду можно, но Полярная звезда *компасом* не будет, так как её положение не будет совпадать с положением неподвижной точки – Северного полюса мира.

Разбалловка: за то, что наблюдать Полярную звезду можно – 4 балла; за то, что Полярная звезда не будет компасом – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Лишнее в этом списке — галактика, так как все остальное — это отдельные космические тела, а галактика — система космических тел. Можно также отметить, что в состав галактики могут входить все другие перечисленные тела.

Разбалловка: за ответ «галактика» – 4 балла; за пояснение – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Планета находилась между Марсом и Юпитером. На схеме Солнечной системы это выглядит так:

1) при максимальном сближении $3a.e. - 1a.e. = 2a.e.$

2) при максимальном удалении $1a.e. + 3a.e. = 4a.e.$

Разбалловка: за ответ, где мог бы находиться в Солнечной системе Фэтон – 2 балла; за схему с указанием положения Фэтона в максимальном удалении с Землей и вычисление расстояния – 3 балла; за схему с указанием положения Фэтона в максимальном сближении с Землей и вычисление расстояния – 3 балла

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Звезда должна потерять 1 массу Солнца из 5 имеющихся, т.е. 300 тысяч масс Земли. Если звезда теряет 1 массу Земли в год, то очевидно, что с такой скоростью 300 тысяч масс Земли она потеряет за 300 тысяч лет.

Разбалловка: за догадку о том, что звезда теряет 1 массу Земли в год – 4 балла; за окончательный ответ – 4 балла.

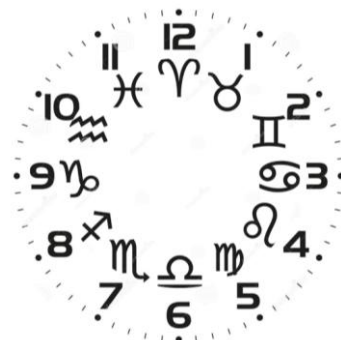
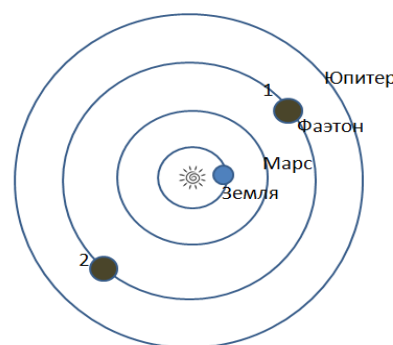
Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Циферблат будет выглядеть так: Овен - 12 час, Телец – 1 час, Близнецы - 2 час, Рак - 3 час, Лев - 4 час, Дева – 5 час, Весы – 6 час, Скорпион – 7 час, Стрелец – 8 час, Козерог – 9 час, Водолей – 10 час, Рыбы – 11 час.

Разбалловка: за правильное написание каждого 3 созвездий или знаков зодиака по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 40.



7-й класс

1. (см. 5-6 класс задача 1).

2. (см. 5-6 класс задача 2).

3. Путь Луны по небесной сфере почти совпадает с путем Солнца. Но Луна проходит его за месяц, а не за год, как Солнце. Поэтому на Северном полюсе Луна полмесяца находится над горизонтом, а полмесяца – под горизонтом.

Разбалловка: за временной промежуток – 4 балла; за движение Луны – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Минимальное расстояние от Земли до Сатурна

$$S = 9,54a.e. - 1a.e. = 8,54a.e. = 8,54 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ км} \approx 1,28 \cdot 10^9 \text{ км}.$$

Скорость сигнала равна скорости света $c = 300000 \text{ км/с}$,

поэтому информация достигнет Земли за время $t = S/c$,
 $t = (1,28 \cdot 10^9 \text{ км}) / (3 \cdot 10^5 \text{ км/с}) \approx 4,27 \cdot 10^3 \text{ с} \approx 1 \text{ ч } 11 \text{ мин}$

Разбалловка: за правильное определение расстояния в км – 4 балла; за формулу нахождения времени – 1 балл; за расчет времени в секундах – 2 балла; за перевод ответа в часы – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. 26 июня около 14 часов по моск. времени жители г. Кирова не могли наблюдать лунное затмение, т.к. Луна для них находилась под горизонтом. (1)

Лунное затмение наблюдается в фазе полнолуния. Весь период смены лунных фаз проходит за 29,5 сут. (синодический месяц). Через половину этого периода Луна будет находиться в фазе новолуния рядом с Солнцем на небесной сфере. (2)

Значит, 10 июня Луна была в новолунии. Если Луна при этом закроет Солнце, то может наблюдаться солнечное затмение (полное или частное). (3)

На самом деле жители северо-востока России наблюдали кольцеобразное солнечное затмение. В Кирове при этом наблюдалось частное солнечное затмение. (4)

Разбалловка: за утверждение (1) – 2 балла; за утверждение (2) – 2 балла; за утверждение (3) – 2 балла; за утверждение (4) – 2 балла.

Участник не обязан указывать, в каких районах наблюдалось кольцеобразное солнечное затмение, баллы за это не снижаются.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 40.

8-й класс

1. (см. 5-6 класс задача 1).

2. Если весь Мировой океан испарится, то атмосферное давление увеличится за счет образовавшегося водяного пара.

Из географии известно: $S_{\text{океана}} = 0,71 S_{\text{зем.шара}}$ (1)

Найдем давление массы воды, содержащейся в океане, на поверхность земного шара после испарения: $p_o = \frac{m_{\text{океана}} g}{S_{\text{зем.шара}}} = \frac{0,71 S_{\text{зем.шара}} \cdot h \cdot \rho \cdot g}{S_{\text{зем.шара}}} = 0,71 \rho g h$ (2)

$p_o = 0,71 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 4000 \text{ м} = 2,84 \cdot 10^7 \text{ Па} = 284 \text{ атм}$ (3)

С учетом давления воздушного океана, новое давление атмосферы станет 285 атм. (4)

Вычислим, во сколько раз изменится давление: $N = 285 \text{ атм} / 1 \text{ атм} = 285$.

Ответ: давление увеличится в 285 раз.

Разбалловка: за знание (1) – 2 балла; за нахождения давления (2) – 2 балла; за расчет (3) – 2 балла; за нахождение нового давления – 1 балл; за вычисление во сколько раз – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. (см. 7 класс задача 3).

4. Время движения света от звезды: $t_1 = S/c$. (1)

Время движения потока частиц: $t_2 = S/v$. (2)

По условию задачи: $\Delta t = t_2 - t_1 = 20 \text{ ч}$. (3)

Из формул (1), (2) и (3): $\Delta t = S/v - S/c = S(c-v)/(vc)$. Отсюда: $S = (vc\Delta t)/(c-v)$. (4)

Подставим данные:

$$S = \frac{0,99999 \text{ с} \cdot c \cdot 20 \cdot 3600}{c - 0,99999 \text{ с}} = \frac{0,99999 \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 20 \cdot 3600}{0,00001} \approx 2,16 \cdot 10^{15} \text{ км/с}$$

Разбалловка: за формулу (1) – 1 балл; за формулу (2) – 1 балл; за использование условия задачи (3) – 2 балла; за формулу расстояния (4) – 2 балла; за вычисление расстояния – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. (см. 7 класс задача 5).

Максимальное количество баллов за все задания: 40.

9-й класс

1.

а)	б)	в)	г)	д)	е)	ж)	з)
нет	нет	нет	да	нет	да	да	нет

Разбалловка: за каждый правильный ответ – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Для описания движения Земли запишем II закон Ньютона — сила тяготения равна центробежной силе: $\vec{F}_T = \vec{F}_ц$ (1)

$$G \frac{M_c \cdot m_3}{a_3^2} = \frac{m_3 \cdot v^2}{a_3} \quad (2)$$

После упрощения получаем: $G \frac{M_c}{a_3} = v^2$

$$\text{Выразим массу Солнца: } M_c = \frac{v^2 \cdot a_3}{G} \quad (3)$$

$$\text{Скорость движения Земли определим по формуле: } v = \frac{2\pi a_3}{T} \quad (4)$$

где T – период обращения Земли вокруг Солнца.

Окончательная формула для вычисления массы Солнца примет вид: $M_c = \frac{4\pi^2 \cdot a_3^3}{GT^2}$

Подставим в эту формулу значения:

$$M_c = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot 3,348 \cdot 10^{33} \text{ м}^3}{6,67 \cdot 10^{-11} ((\text{Н} \cdot \text{м}^2)/\text{кг}^2) \cdot 9,96 \cdot 10^{14} \text{ с}^2} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

Разбалловка: за написание формулы (1) – 1 балл; за написание формулы (2) – 2 балла; за написание формулы (3) – 1 балл; за написание формулы (4) – 1 балл; за окончательную формулу для вычисления массы Солнца – 1 балл; за окончательный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Во Вселенной — водород. Он сохранился со времени Большого Взрыва и составляет примерно 74% по массе. На Земле — это кислород, он составляет примерно 49% по массе и входит в состав атмосферы, литосферы, гидросферы и биосферы.

Разбалловка: за правильное указание наиболее распространенных элементов во Вселенной и на Земле — по 4 балла. Если процентное соотношение не указано, оценка не снижается.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. На тело, находящееся на экваторе, действует сила притяжения и сила реакции опоры. Запишем уравнение II закона Ньютона: $\vec{F}_T + \vec{N} = m\vec{a}$ (1)

Спроектируем силы на ось, направленную к центру планеты: $F_T - N = ma$

Так как тела на экваторе невесомы, $N=0$.

Получим выражение: $F_T = ma$ или $mg = ma$. (2)

Подставим формулы для центростремительного ускорения и скорости:

$$a = v^2/R; \quad v = (2\pi R)/T \quad (3)$$

$$\text{Отсюда } a = (4\pi^2 R)/T^2; \text{ а значит } g = (4\pi^2 R)/T^2 \quad (4)$$

$$\text{Запишем окончательное выражение для радиуса планеты: } R = (gT^2)/(4\pi^2). \quad (5)$$

Период вращения планеты вокруг оси такой же, как у Земли, т.к. по условию сутки на планетах равны: $T = 23ч56м4с = 86164с$. (6)

$$\text{Подставим значения: } R = \frac{0,01 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot (86164с)^2}{4 \cdot 3,14^2} \approx 1,856 \cdot 10^7 \text{ м} = 18560 \text{ км}.$$

Разбалловка: за написание формулы (1) – 1 балл; за написание формулы (2) – 1 балл; за формулы центростремительного ускорения и скорости (3) – по 1 баллу; за написание формулы (4) – 1 балл; за написание формулы (5) – 1 балл; за верное определение периода (6) – 1 балл; окончательный ответ – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Все зависит от того, когда человек наблюдает Луну, т. е. в какую сторону повернут серп. После захода Солнца, на Западе, человек видит растущую Луну, поэтому на следующие сутки серп станет более широким. Если смотреть на Луну утром, на восходе Солнца, то Луна убывающая, и серп сузится.

Разбалловка: за правильное указание каждого случая – по 4 балла;

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Ртутным барометром измерить давление нельзя. Все предметы внутри спутника невесома. Ртуть в барометре тоже невесома и не уравнивает давление воздуха, поэтому она заполнит всю барометрическую трубку. Для измерения давления в спутнике необходимо пользоваться барометром-анероидом. Невесомость не влияет на его работу, т.к. в нем не используется жидкость (греч. «анероид» – без воды).

Разбалловка: за указание того, что нельзя использовать ртутный барометр – 2 балла; за объяснение, почему нельзя использовать ртутный барометр – 2 балла; за указание барометра-анероида – 2 балла; за пояснения работы анероида – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

10-й класс

1. 1) Облако Оорта – кометное облако за орбитой Плутона, находится в Солнечной системе.

2) Проксима Центавра – входит в систему α Центавра, ближайшая к нам звезда, находится на расстоянии 4,3 св.г.

3) Крабовидная туманность – результат вспышки сверхновой в 1054 г. Находится в нашей Галактике (6500 св.л от Солнца).

4) М31 – Туманность Андромеды, внегалактический объект, другая галактика на расстоянии 2,5 млн. св. лет.

Разбалловка: за каждую правильную позицию объекта и пояснение – по 2 балла. Если участник указывает только класс объекта (без точных данных) – баллы не снижаются.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

2. Максимальная высота Солнца достигается в день летнего солнцестояния в истинный полдень, когда Солнце находится в верхней кульминации. Склонение Солнца в этот день $\delta = +23^{\circ}27'$.

Тогда: $h = 90^{\circ} - (\varphi - \delta)$. Найдем высоту Солнца на широте г. Кирова: $h = 90^{\circ} - (58^{\circ}36' - 23^{\circ}27') = 54^{\circ}51'$.

Разбалловка: за выбор условия максимальной высоты и определение склонения Солнца – 4 балла; за формулу и расчет высоты – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

3. Для решения задачи используем формулу Погсона: $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1} = 2,512^{\Delta m}$; или в таком виде: $\frac{I_1}{I_2} = 10^{0,4 \cdot \Delta m}$.

Если астрограф будет накапливать энергии в 100 раз дольше, то он сможет регистрировать звёзды в 100 раз менее яркие, тогда: $100 = 10^{0,4 \cdot \Delta m}$.

Получаем: $2 = 0,4 \cdot (m_2 - m_1)$, $m_2 = m_1 + 5 = 15$.

Ответ: можно будет регистрировать звёзды, имеющие видимую звёздную величину

15^м.

Можно решать в более упрощенном виде, зная, что звёзды, яркость которых (видимый блеск на Земле) меньше в 100 раз, имеют звёздную величину, больше на 5^м.

Разбалловка: за понимание того, что нужно использовать соотношение, связывающее блеск звезды и звёздную величину – 4 балла; за правильное определение того, что астрограф может регистрировать более слабые звёзды – 2 балла; за окончательный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

4. При движении объекта наблюдается эффект Доплера. Тогда скорость можно считать по формуле:
$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} c.$$
 После подстановки:

$$v = \frac{(6284 - 4861)A^0}{4861A^0} 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} = 87821 \text{ км/с}.$$

Ответ: объект будет удаляться (т.к. длина волны излучения увеличивается) со скоростью 87821 км/с.

Разбалловка: за идею и формулу эффекта Доплера – 4 балла; за расчет скорости – 2 балла; за направление движения – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

5. Из III закона Кеплера найдем большую полуось орбиты кометы: $a = a_{\oplus} \sqrt[3]{T^2/T_{\oplus}^2}$. Получаем ответ: $a = 1a.e. \sqrt[3]{75,4^2/1^2} \approx 17,85a.e.$ (1)

Найдем фокусное расстояние, зная эксцентриситет: $c = ae$; $c = 17,85a.e. \cdot 0,967 \approx 17,26a.e.$

Теперь можно найти максимальное расстояние кометы от Солнца (в афелии): $Q = a + c$; $Q = 17,85 + 17,26 = 35,11(a.e.)$ (2)

Согласно II закону Кеплера, в перигелии скорость кометы максимальна, в афелии (наиболее удаленной точке орбиты) – минимальна. Запишем соотношение: $qv_q = Qv_Q$. Отсюда: $v_Q = (qv_q)/Q$. Ответ: $v_q = (0,587a.e. \cdot 70,56 \text{ км/с})/35,11a.e. \approx 1,18 \text{ км/с}$. (3)

Период T, г	Б. полуось a, а.е.	Мин. рас- стояние q, а.е.	Мах. рас- стояние Q, а.е.	Мин. ско- рость $v_{\min}$, км/с	Мах. ско- рость $v_{\max}$, км/с	Дата сле- дующего появления
75,4	17,85	0,587	35,11	1,18	70,56	июль 2061 г.

Дата следующего появления примерно: $1986\text{г} + 75\text{г} = 2061\text{г}$; $2\text{мес} + 5\text{мес} = 7\text{мес}$, получаем – июль 2061 г. (4)

На самом деле, период обращения кометы меняется в связи с возмущением орбиты большими планетами. В следующий раз она приблизится к Солнцу 28 июля 2061 г.

Разбалловка: за каждый правильно найденный параметр (1), (2), (3), (4) – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

6. Найдем скорость движения Юпитера относительно Земли: $v = v_3 - v_{\text{Ю}}$ (Земля движется по орбите быстрее, чем Юпитер, обе планеты движутся в одну сторону). (1)

Чтобы найти скорость движения планет по орбите, можно воспользоваться формулой:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ или } v = \sqrt{\frac{GM_c}{R}}, \text{ где } R \text{ равен большой полуоси планеты.} \quad (2)$$

Для Земли получаем скорость $v_3 = 29,3 \text{ км/с}$, для Юпитера $v_{\text{Ю}} = 13 \text{ км/с}$.

Относительная скорость: $v = 29,3 - 13 = 16,3 \text{ (км/с)}$.

Угловую скорость можно найти по формуле: $\omega = v/R$. (3)

Тогда: $\omega = (16,3 \text{ км/с})/(778,3 \cdot 10^6 \text{ км}) \approx 2,1 \cdot 10^{-8} \text{ рад/с} \approx 0,0018 \text{ рад/сут} \approx 0,1^\circ/\text{сут}$. (4)

Ответ: на $0,1^\circ/\text{сут}$.

Разбалловка: за нахождение скоростей планет по орбите по любой из формул (2) и расчет –

2 балла; за нахождение относительной скорости Юпитера (формула (1) и расчет) – 2 балла; за нахождение угловой скорости Юпитера и перевод единиц (3) и (4) – 4 балла.

Участник может знать скорость движения Земли по орбите, за что оценка не снижается.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

11-й класс

1. Моря имеются на Земле, Луне, Меркурии, Марсе, но этот географический и астрономический термин относится к разным образованиям. (1)

Моря на Земле - это впадины, заполненные водой. Моря на Луне - это низменности, находящиеся преимущественно на видимой стороне спутника и залитые лавой, с альбедо более низким, чем горные районы. (2)

Моря на Меркурии и Марсе - это участки поверхности, обладающие меньшей отражательной способностью по сравнению с другими районами. (3)

Связи с рельефом местности нет. Воды в жидком виде в неземных морях нет.

Разбалловка: утверждение (1) – 4 балла; утверждение (2) – 2 балла; утверждение (3) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Спутники столкнулись на сравнительно небольшой высоте. С достаточной точностью можно считать, что в момент столкновения оба спутника находились в перигее (минимально возможная высота полета спутников составляет примерно 300 км, и относительная разница между расстоянием до центра Земли 6900 км и 6700 км невелика). (1)

Первая и вторая космические скорости на такой высоте также мало отличаются от наземных. Следовательно, минимально возможная скорость каждого спутника около 8 км/с, а максимально возможная – около 11 км/с. (2)

Скорости спутников были одинаковыми, угол между траекториями составлял 60° , следовательно, относительная скорость сближения спутников – такая же (векторы образуют равносторонний треугольник). (3)

Отсюда, возможная относительная скорость спутников заключена в пределах от 8 км/с до 11 км/с. (4)

Разбалловка: утверждение (1) – 2 балла; утверждение (2) – 2 балла; утверждение (3) – 2 балла; окончательный ответ (4) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Земля делает полный оборот в 360° за 24 часа, разница во времени между двумя пунктами 1 час соответствует разнице по долготе 15° . (1)

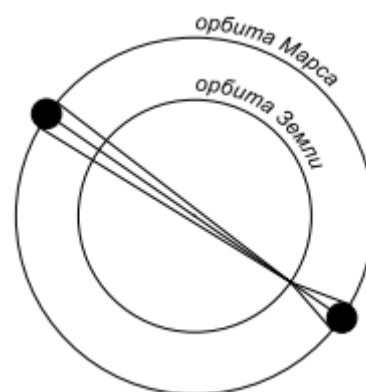
Если верхняя кульминация звезды произошла в двух пунктах с разницей 3 часа, то разница в долготе этих пунктов равна 45° , а расстояние $45 \cdot 111,3 \text{ км} = 5008,5 \text{ км}$. (2)

Разбалловка: утверждение (1) – 4 балла; ответ (2) – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Из рисунка видно, что максимально возможный угловой размер $\alpha_{\max}$ Марс будет иметь тогда, когда Марс, Солнце и Земля окажутся на одной прямой, причем обе планеты будут расположены по одну сторону от Солнца (такое положение планеты, в данном случае Марса относительно Земли и Солнца, называется противостоянием), а минимальный угловой размер $\alpha_{\min}$ – когда все три светила также расположены на одной прямой, но планеты находятся по разные стороны от Солнца (такое положение планеты называется соединением).

Угловой размер Марса α в произвольный момент времени можно найти следующим образом: $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R_M}{L}$, где R_M — радиус Марса, L — расстояние от Марса до Земли. Вследствие малости углового размера Марса значение синуса этого угла практически совпадает с величиной угла, выраженного



в радианах, т.е. $\alpha \approx 2R_M/L$. Таким образом, отношение максимально и минимально возможных угловых размеров Марса равно: $\alpha_{\max}/\alpha_{\min} \approx L_{\min}/L_{\max}$. (1)

Очевидно, что в противостоянии $L_{\max} = r_M - r_3$, а в соединении $L_{\min} = r_M + r_3$, где r_M - радиус орбиты Марса, r_3 - радиус орбиты Земли. (2)

Радиус орбиты Марса в астрономических единицах можно вычислить, воспользовавшись III законом Кеплера: $r_M = 1,6$ а.е. (3)

Окончательно получаем: $a_{\max}/a_{\min} = (r_M + r_3)/(r_M - r_3) \approx 4,3$. (4)

Разбалловка: утверждение (1) – 2 балла; утверждение (2) – 2 балла; утверждение (3) – 2 балла; окончательный ответ (4) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Известно, если разность звездных величин звезд равна 5, то одна из них ярче другой в 100 раз. (1)

Так как светимость звезд одинакова, различие в яркости обусловлено тем, что одна (более слабая) находится дальше от наблюдателя, чем другая. (2)

Звезда – практически сферически-симметричный объект, и равномерно излучает свет во всех направлениях. Вся излученная энергия равномерно распределяется по площади воображаемой сферы, на «поверхности» которой находится наблюдатель. Чем больше радиус этой сферы, т.е. расстояние от звезды до наблюдателя, тем больше площадь и тем меньшая энергия излучения приходится на единицу этой площади. Так как площадь сферы пропорциональна квадрату ее радиуса, то энергия, приходящая за единичное время на площадку единичной площади от звезды E , обратно пропорциональна квадрату расстояния r до нее. (3)

Отсюда следует, что одна звезда дальше другой в $\sqrt{100} = 10$. Ответ: в 10 раз. (4)

Разбалловка: утверждение (1) – 2 балла; утверждение (2) – 2 балла; знание зависимости E и квадрата расстояния - утверждение (3) – 2 балла; окончательный ответ (4) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. В оптическом – за счет отражения излучения Солнца, максимум интенсивности которого приходится на оптический диапазон. (1)

В инфракрасном – как обычное нагретое тело, имеющее температуру около 300 К. (2)

В радиодиапазоне на длинах волн около метра – за счет многочисленных радио- и телестанций. (3)

Разбалловка: за ответ с пояснением (1) – 4 балла; утверждение (2) – 2 балла; утверждение (3) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.