



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

АСТРОНОМИЯ, 2015

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по проверке и оценке решений
II (муниципального) этапа
всероссийской и областной олимпиад школьников
по астрономии**

**Кировской области
в 2015/2016 учебном году**

Киров
2015

Печатается по решению региональной предметно-методической комиссии всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Кировской области

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений задач II (муниципального) этапа олимпиады всероссийской и областной олимпиад школьников по астрономии в 2015-2016 учебном году / Сост. Е. В. Горшкова, Т. В. Жбанникова, М. А. Кислицына, Д.В. Перевощиков – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2015. – 12 с.

Авторы, составители

Жбанникова Т. В.: 7-8 классы

Горшкова Е. В.: 9 класс

Кислицына М. А.: 10 класс

Перевощиков Д.В.: 11 класс

Источники задач

Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями, 2010.

Камин А. Космическая одиссея (олимпиады по физике и астрономии). – М.: Алекса, 2015.

Подписано в печать 159.09.2015

Формат 60×84¹/₁₆ Бумага типографская. Усл. печ. л. 0,75

Техническая редакция – ЦДООШ. Тираж 290 экз.

© Е. В. Горшкова, Т. В. Жбанникова, М. А. Кислицына, Д. В. Перевощиков, 2015

© Государственное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одаренных школьников», Киров, 2015 г.

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ

1. Рекомендуемая продолжительность олимпиады для учащихся 5–6-х, 7–8-х классов – 2 часа, 9-х классов – 3 часа, 10-х классов – 3 часа, 11-х классов – 3 часа, не считая времени, потраченного на заполнение титульных листов и разъяснение условий задач.

2. Комплект заданий для каждой параллели состоит из 6 задач качественного и расчетного характера. Тестовые задачи не включены, так как не соответствуют уровню олимпиадных задач.

3. Сразу после выполнения заданий проводится разбор решений, о чем следует объявить учащимся перед началом олимпиады.

4. До проверки члены жюри должны решить все задачи, изучить предлагаемые решения и рекомендации по проверке и оцениванию заданий.

5. В процессе апелляции учащиеся знакомятся со своими результатами, и в случае несогласия с оценкой жюри, имеют право обосновать свое мнение, после чего жюри может повысить оценку или оставить ее без изменения.

6. Итоги подводятся в пяти категориях: среди 5-6, 7-8, 9, 10 и 11 классах.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА

Во время работы над заданиями участник олимпиады имеет право:

1. Пользоваться любыми своими канцелярскими принадлежностями наряду с выданными оргкомитетом.

2. Пользоваться собственным непрограммируемым калькулятором.

3. Обращаться с вопросами по поводу условий задач, приглашая к себе наблюдателя поднятием руки.

4. Принимать продукты питания, не мешая при этом остальным участникам олимпиады.

5. Временно покидать аудиторию, оставляя у наблюдателя свою тетрадь.

Во время работы над заданиями участнику запрещается:

1. Пользоваться мобильным телефоном (в любой его функции).

2. Пользоваться программируемым калькулятором или компьютером.

3. Пользоваться какими-либо источниками информации, за исключением листов со справочной информацией и наглядными пособиями, раздаваемыми Оргкомитетом перед туром.

4. Обращаться с вопросами к кому-либо, кроме наблюдателя, членов Оргкомитета и жюри.

5. Производить записи на собственную бумагу, не выданную оргкомитетом.

6. Одновременный выход из аудитории двух и более участников.

При проведении муниципального этапа лица, сопровождающие участников олимпиады, не имеют право подходить к аудиториям, где работают участники, до окончания этапа во всех аудиториях. Участники, досрочно сдавшие свои работы, могут пройти к сопровождающим, но не могут возвращаться к аудиториям. По окончании работы все участники покидают аудиторию, оставляя в ней тетради с решениями.

ЗАДАНИЯ

5–6-е классы

1. Один фантастический роман, в котором описывается условия на Земле вследствие внезапного угасания Солнца, заканчивается такими словами: «Только серебристая Луна освещала мрачные оледенелые просторы Земли». Что можно сказать по поводу этого описания?

2. Среди названий созвездий: Большая и Малая Медведицы, Большой Конь и Малый Конь, Большой Лев и Малый Лев, Большой Пес и Малый Пес, исключите названия созвездий, которых не существует.

3. Как использовать ковш Большой Медведицы в роли ночных часов осенью? Где должен располагаться центр «звездных» часов?

4. Древнегреческий мудрец Аристотель считал южное полушарие Земли необитаемым, как Вы думаете почему?

5. Шаровое скопление в Геркулесе, Марс, Луна, Плутон. Расположите эти небесные объекты в порядке удаления от Земли.

6. Расстояние от Солнца до Земли 150 миллионов км. Земля движется вокруг Солнца со скоростью 30 км/с. С поверхности Солнца вылетает фотон (частица света) по направлению к Земле. Какое расстояние пройдет Земля за то время, пока фотон летит от Солнца до земной орбиты? Скорость света 300000 км/с.

7–8-е классы

1. Один фантастический роман, в котором описываются условия на Земле вследствие внезапного угасания Солнца, заканчивается такими словами: «Только серебристая Луна освещала мрачные оледенелые просторы Земли». Что можно сказать по поводу этого описания?

2. Считается, что водяной лед на поверхности Луны можно найти только на дне кратеров. Почему?

3. Среди названий созвездий: Большая и Малая Медведицы, Большой Конь и Малый Конь, Большой Лев и Малый Лев, Большой Пес и Малый Пес, исключите названия созвездий, которых не существует.

4. Древнегреческий мудрец Аристотель считал южное полушарие Земли необитаемым, как Вы думаете, почему?

5. Космический телескоп Хаббл зарегистрировал световую вспышку сверхновой звезды, а через 10 часов, после принятого светового сигнала, специальный прибор зарегистрировал поток частиц от этой вспышки. Частицы двигались со скоростью $v = 0,99999c$, где $c = 300000$ км/с – скорость света. Определите расстояние до звезды.

6. В интернете появилось сообщение о наблюдении СуперМарса одновременно с полнолунием 28 сентября 2015 года. В этот момент видимые размеры Марса на небе сопоставимы с видимыми размерами Луны. Опровергните или подтвердите это утверждение математическими расчетами, которые дополните рисунками (диаметр Марса $d_1 = 6775$ км, диаметр Луны $d_2 = 3475$ км).

9-й класс

1. Паллада, Каллисто, Ида, Гаспра, Веста, Юнона, Геба. Укажите лишнее в этом списке и обоснуйте свой выбор.

2. Назовите самое жаркое место в Солнечной системе по современным расчетам. О какой температуре приблизительно может идти речь?

3. Можно ли вблизи Северного полюса Земли наблюдать солнечное затмение 15 ноября в полдень местного времени?

4. Космический телескоп «Хаббл» зарегистрировал световую вспышку сверхновой звезды, а через 10 часов специальный прибор зарегистрировал поток частиц от этой вспышки. Частицы двигались со скоростью $v = 0,99999c$, где $c = 300000$ км/с. Определите расстояние до звезды.

5. Космонавт в скафандре выходит в отсек орбитальной станции, держа в руках открытую бутылку с водой массой 2 кг. Давление воздуха в отсеке 0,01 Па, температура 0°C . Какова масса образовавшегося льда? (Удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, а удельная теплота парообразования при 0°C равна $2,5 \cdot 10^6$ Дж/кг).

6. У Сириуса есть звезда-спутник. Эта звезда имеет диаметр 10000 км (в 70 раз меньше, чем у Солнца и даже меньше, чем у Земли). Поэтому такие звезды называют белыми карликами. Но масса этого «карлика» в 350000 раз больше, чем у Земли. Сравните массу литровой банки, наполненной веществом «карлика», с массой товарного поезда, состоящего из 60 вагонов по 60 т в каждом. Какая из них больше и на сколько? (Объем шара радиуса R вычисляется по формуле $V = 4\pi R^3 / 3$).

10-й класс

1. Во время великого противостояния Марса экспедиция землян прибыла на красную планету в район ее экватора. Ночью два космонавта вышли на поверхность. «Смотри, как сияет наша Земля, – сказал один. – Она самая яркая на марсианском небе». Прав ли он?

2. Почему астрономы используют инфракрасное излучение для фотографирования небесных объектов?

3. На Земле принято считать нормальным атмосферное давление, соответствующее давлению столба ртути высотой 760 мм при температуре 0° . На какую высоту поднялся бы столбик этого термометра на Марсе, если давление марсианской атмосферы в 150 раз меньше земного (температуру считаем 0° , ускорение свободного падения $3,7$ м/с²)?

4. Радиус Луны равен 0,272 радиуса Земли ($R_L = 0,272R_Z$). Масса Луны равна 0,012 массы Земли ($M_L = 0,012M_Z$). Рассчитайте для Луны $V_{1к}$ – первую и $V_{2к}$ – вторую космические скорости, если для Земли они равны соответственно 7,91 км/с и 11,19 км/с.

5. Луна находится гораздо ближе к Земле, чем Солнце. Что притягивает Землю сильнее: Солнце или Луна? Рассчитайте силы. Во сколько раз они отличаются? (Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, Земли – $6 \cdot 10^{24}$ кг, Луны – $7,35 \cdot 10^{22}$ кг, расстояние от Земли до Солнца 150 млн. км, от Земли до Луны – 384 400 км).

6. Докажите, что именно на расстоянии 36 тыс. км от поверхности Земли искусственный спутник будет совершать один оборот в сутки (орбиту ИСЗ считать круговой экваториальной). (Период вращения Земли вокруг оси $T = 23$ ч 56 мин, масса Земли $M_Z = 6 \cdot 10^{24}$ кг).

11-й класс

1. Луна в марте восходит во время полнолуния. В каком приблизительно часу?
2. Радиус орбиты Венеры составляет 0,72 а.е. Определить время полета от Земли до Венеры по наиболее экономичной полуэллиптической траектории. Орбиты планет считать круговыми.
3. В телескоп с равнозрачковым увеличением проводятся наблюдения Венеры в наибольшей восточной элонгации, и она кажется такого же размера, как Луна при наблюдении невооруженным глазом. Найти диаметр объектива телескопа, если угловой диаметр Венеры в момент наибольшей элонгации составляет $25''$, а угловой диаметр Луны равен $30'$. Диаметр зрачка глаза принять равным 5 мм.
4. Тяготение Луны создает в водной оболочке Земли две приливные волны, располагающиеся симметрично относительно диаметра земного шара, перпендикулярного плоскости орбиты Луны, и обтекающие поверхность Земли по причине ее суточного вращения. Почему приливы в одной и той же точке земной поверхности происходят не точно через каждые 12 часов? Каков этот период?
5. На диске звезды появилось слабое пятно радиусом в 60 раз меньшим радиуса звезды. Температура поверхности в пятне на $(1/60)$ меньше, чем на остальной поверхности звезды. Насколько изменилась видимая звездная величина звезды, если пятно находится в центре ее диска? Потемнением диска звезды к краю пренебречь.
6. Любитель астрономии наблюдает звезду со склонением $+60^\circ$ в телескоп с 60-кратным увеличением и полем зрения 1° . Из-за неверной настройки часовой механизм идет на $(1/60)$ быстрее, чем требуется. Сколько времени можно наблюдать данную звезду без коррекции телескопа?

УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕРКЕ И ОЦЕНКЕ ОЛИМПИАДНЫХ РАБОТ

1. Некоторые задачи могут иметь несколько способов решения. Выбранный учащимся способ решения не должен влиять на максимальную оценку, если верные рассуждения приводят к верному ответу.
2. Также следует обратить внимание, что при решении некоторых задач лучше брать более точное значение периода вращения Земли вокруг оси 23 ч 56 мин. Если учащийся использует значение 24 ч и это приводит к незначительному снижению точности ответа, то оценка не снижается.
3. За оригинальное решение, имеющее правильные рассуждения и приводящее к верному ответу или решение с предложением идей, расширяющих и дополняющих задание, может быть повышена максимальная стоимость ответа на 1 балл.

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И РАЗБАЛЛОВКА

5–6-е классы

1. В решении самое основное сделать вывод о том, что Солнце главный источник света в Солнечной системе. Если Солнце погаснет, то не только погрузится во мрак Земля, но и Луна не будет видна, так как она освещается Солнцем.

Разбалловка: 4 балла за правильную идею ответа; 2 балла за уточнение – Солнце главный источник света в Солнечной системе; 2 балла ставится за знание причины, почему светится Луна.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

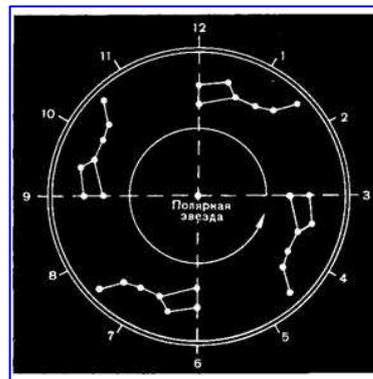
2. Среди парных названий созвездий отсутствуют Большой конь, Большой Лев (просто Лев).

Разбалловка: 4 балла за 2 правильные пары созвездий Большая и Малая Медведицы, Большой и Малый Псы; 4 балла за 2 неправильно указанные пары созвездий.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Сохраняя свое взаиморасположение, все звезды на небосводе равномерно обращаются вокруг Полярной звезды, которую мы принимаем условно за Полюс мира. Полярная звезда остается неподвижной и условно считается центром циферблата звездных часов. Способ определения времени основан на наблюдении вращения ковша Большой Медведицы вокруг Полярной звезды – α Малой Медведицы. «Часовой» стрелкой часов становится, линия, соединяющая Полярную звезду со звездами Большой Медведицы α и β (Дубхе и Мирак). Положения ковша – «вода вылита из ковша» или «ковш полон водой» на рисунке соответствуют полночи и 6 часам утра для осени. Выполнение разметки звездных часов для 5-6 классов не предполагается.

Разбалловка: 4 балла за определение центра циферблата часов, которое соответствует положению Полярной звезды; 4 балла – за положение ковша Большой Медведицы в разное время суток, наличие рисунка желательно.



Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Аристотель одним из первых сделал вывод о шарообразной форме Земли, но о притяжении к Земле всех тел, которые находятся на Земле, ученому было неизвестно. Поэтому Аристотель полагал, что жители южного полушария упадут с Земли, значит находиться там невозможно и южное полушарие необитаемо.

Разбалловка: 4 балла за правильную идею ответа; 4 балла за роль притяжения на Земле, о котором во времена Аристотеля было неизвестно.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Главное в задаче определить, где находится небесное тело: самое близкое к Земле тело – её спутник Луна, а далее Марс – четвертая от Солнца планета, Плутон – карликовая планета, которая находится за орбитой Нептуна (8-й планеты Солнечной системы), обе планеты принадлежат Солнечной системе, Марс к Земле гораздо ближе, чем Плутон. Шаровое скопление находится за пределами Солнечной системы в нашей Галактике, поэтому для Земли является самым удаленным небесным объектом из перечисленных. Правильный ответ: Луна, Марс, Плутон, шаровое скопление в Геркулесе.

Разбалловка: 4 балла за правильный порядок небесных тел; 4 балла за пояснения, где находятся данные небесные тела.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Время, которое фотон будет лететь от Солнца до земной орбиты, равно $t = S/c$, где S – расстояние от Солнца до Земли, а c – скорость света. Земля за это время пройдет расстояние $R = vt$, где v – скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца. Следовательно, $R = vS/c$. Подставляя числа, получаем $R = 30 \text{ км/с} \cdot 150000000 \text{ км} / 300000 \text{ км/с} = 15000 \text{ км}$

Разбалловка: 2 балла за формулы времени и расстояния; 4 балла за итоговую формулу; 2 балла за вычисление ответа.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

7–8-е классы

1. Описание содержит ошибку. Так как Луна светит отраженным солнечным светом, если Солнце погаснет, то Луна будет не видна.

Разбалловка: за идею ответа – 4 балла; за уточнение – Солнце – главный источник света в Солнечной системе – 2 балла; 2 балла ставится за знание причины, почему светит Луна.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Только на дне лунных кратеров, куда не попадает солнечный свет, может существовать лед. Неосвещенный участок Луны быстро остывает, из-за отсутствия атмосферы у Луны нет теплообмена между горячими и холодными участками, если на дно лунного кратера не попадает свет, лед растаять не может.

Разбалловка: 4 балла за правильную идею ответа; 4 балла за знание отсутствия атмосферы, теплообмена, т.е. объяснение причины, почему не растает лед.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Среди парных названий созвездий отсутствуют Большой конь (Пегас), Большой Лев (просто Лев).

Разбалловка: 4 балла за 2 правильные пары созвездий Большая и Малая Медведицы, Большой и Малый Псы; 4 балла за 2 неправильно указанные пары созвездий.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Аристотель одним из первых сделал вывод о шарообразной форме Земли, но о притяжении к Земле всех тел, которые находятся на Земле, ученому было неизвестно. Поэтому Аристотель полагал, что жители южного полушария упадут с Земли, значит находиться там невозможно, и южное полушарие необитаемо.

Разбалловка: 4 балла за правильную идею ответа; 4 балла за роль притяжения на Земле, о котором во времена Аристотеля было неизвестно.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Пусть расстояние до звезды равно s . Тогда свет шёл от звезды в течение времени $t_1 = s/c$. А поток частиц – в течение времени $t_2 = s/u$. По условию задачи

$$\Delta t = t_2 - t_1. \quad \Delta t = \frac{s}{u} - \frac{s}{c} = \frac{s(c-u)}{uc}. \quad \text{Отсюда } s = \frac{uc\Delta t}{c-u}.$$

После подстановки получаем

$$s = \frac{0,99999 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 3600 \text{ с}}{0,00001} = 10799892 \cdot 10^{11} \text{ м} \approx 1,08 \cdot 10^{18} \text{ м}.$$

Разбалловка: за написание формулы времени распространения света от звезды – 1 балл; за написание формулы времени распространения частиц – 1 балл; за нахождение расстояния в общем виде – 4 балла; за получение окончательного ответа – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Диаметр Марса $d_1 = 6775$ км, диаметр Луны $d_2 = 3475$ км (разница примерно в 2 раза). Угловые диаметры тел должны быть равны: $d_1/S_1 = d_2/S_2$ (1).

Расстояние до Луны $S_2 = 384\,000$ км. Значит, чтобы видеть Марс как Луну, он должен приблизиться к Земле на расстояние в $S_1 = 768\,000$ км, такое невозможно (самое минимальное расстояние между Землей и Марсом $55\,758\,006$ км произошло 27 августа 2003 году), значит, Марс размером с Луну наблюдать нельзя.

Разбалловка: за догадку о равенстве угловых размеров небесных тел (1) – 4 балла; за оценку расстояния до Марса и ответ – 2 балла; за рисунок – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

9-й класс

1. Лишнее в этом списке — Каллисто, т.к. Каллисто — спутник Юпитера, а все остальные перечисленные объекты являются астероидами.

Разбалловка: за указание того, что Каллисто — спутник Юпитера — 1 балл; за указание того, что все остальные перечисленные объекты — астероиды — по 1 баллу; за окончательный ответ — 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Самым жарким местом в Солнечной системе является центр Солнца. По последним исследованиям температура там составляет 15,6 млрд. градусов Цельсия (а по некоторым современным расчётам даже 21 млрд. градусов Цельсия).

Разбалловка: за указание центра Солнца как самого жаркого места — 4 балла; за указание приблизительной температуры — 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Чтобы наблюдать солнечное затмение, необходимо видеть над горизонтом само Солнце. А 15 ноября на Северном полюсе полярная ночь. Так что никакого затмения быть не может.

Разбалловка: за понимание условий наблюдения затмения — 4 балла; за окончательный ответ — 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. См. задачу № 5 для 7-8 классов.

5. Вода находится при пониженном давлении. Самые быстрые молекулы покидают поверхность жидкости. Вода начинает испаряться, отбирая теплоту у той части воды, которая не успела испариться. Вода находится при температуре 0°C , поэтому, отдавая теплоту, она не охлаждается, а превращается в лёд, тоже имеющий температуру 0°C . В результате вся бывшая вода разделится на пар и лёд.

Пусть начальная масса воды равна m , а масса образовавшегося льда равна $m_{\text{л}}$. Тогда масса испарившейся воды равна $m - m_{\text{л}}$. Запишем уравнение теплового баланса: $Q_{\text{испарения}} = Q_{\text{кристаллизации}}$, $L(m - m_{\text{л}}) = \lambda_{\text{л}} m_{\text{л}}$. После преобразований получим

$$m_{\text{л}} = \frac{Lm}{\lambda_{\text{л}} + L}, \quad m_{\text{л}} = \frac{2,5 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} \cdot 2 \text{ кг}}{3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} + 2,5 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}} = 1,77 \text{ кг}.$$

Разбалловка: за понимание того, что вода не охлаждается, а превращается в лёд — 3 балла; за написание уравнения теплового баланса — 3 балла; за получение окончательного ответа — 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Вычислим массу поезда: $m_{\text{поезда}} = 6,4 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot 60 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ кг}$. Вычислим массу

банки: $m_{\text{банки}} = \rho_{\text{карлика}} \cdot V_{\text{банки}}$, $\rho_{\text{карлика}} = \frac{m_{\text{карлика}}}{V_{\text{карлика}}}$, $m_{\text{карлика}} = m_{\text{Земли}} \cdot 3,5 \cdot 10^5$,

$V_{\text{карлика}} = 4\pi R^3 / 3 = 4\pi D^3 / 3 \cdot 8 = \pi D^3 / 6$, $m_{\text{Земли}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$. Выполним подстановку в

формулу для плотности карлика и получим: $\rho_{\text{карлика}} = \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ кг} \cdot 3,5 \cdot 10^5 \cdot 6}{3,14 \cdot 10^{21} \text{ м}^3} \approx 4 \cdot 10^9 \text{ кг/м}^3$.

После подсчётов получаем $m_{\text{банки}} = 4 \cdot 10^6 \text{ кг}$. Разница масс составляет $m_{\text{банки}} - m_{\text{поезда}} = 400000 \text{ кг} = 400 \text{ т}$

Разбалловка: за нахождение массы поезда — 1 балл; за написание формулы массы банки — 1 балл; за написание формулы плотности карлика — 1 балл; за написание формулы объема карлика — 1 балл; за нахождение плотности карлика — 2 балла; за нахождение массы банки — 1 балл; за окончательный ответ — 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48 баллов.

10-й класс

1. Космонавт неправ. Во время противостояния Земля с Марса ночью не видна, так как она находится в том же направлении, в каком и Солнце.

Разбалловка: за правильный ответ – 4 балла; за объяснение – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Фото в инфракрасных лучах дает возможность увидеть подробности, незаметные на обычной снимке.

Атмосфера планеты меньше рассеивает ИК лучи, как лучи с большей длиной волны, поэтому удастся заснять поверхность планеты, в то время как на обычном снимке в видимом излучении видна только атмосфера планеты. Например, с помощью ИК излучения были получены фотографии Марса, также на околоземной орбите работают инфракрасные телескопы.

Разбалловка: за правильный ответ – 4 балла; за объяснение того, что лучи разной длины волны рассеиваются атмосферой по-разному – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Давление столбика ртути на Земле можно рассчитать по формуле: $p_1 = \rho_{рт} \cdot g_1 \cdot h_1$ (1), где $g_1 = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения на Земле, $h_1 = 760 \text{ мм}$.

Давление столбика ртути на Марсе можно рассчитать по формуле: $p_2 = \rho_{рт} \cdot g_2 \cdot h_2$ (2), где $g_2 = 3,7 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения на Марсе.

Зная, что атмосферное давление на поверхности Земли в 150 раз больше, чем на поверхности Марса, найдем: $h_2 = \frac{g_1 h_1}{150 g_2}$ (3), $h_2 = \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 760 \text{ мм}}{150 \cdot 3,7 \text{ м/с}^2} \approx 13,42 \text{ мм}$ (4).

Столбик термометра сильно опустится вниз.

Разбалловка: за идею, формулу (1) и знание ускорения свободного падения на поверхности Земли – 3 балла; за формулу (2) – 1 балл; за вывод формулы (3) – 2 балла за расчет окончательного ответа (4) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Для решения задачи необходимо использовать формулу для расчета первой космической скорости по известным массе и радиусу тела и связь величины

второй космической скорости с первой: $V_{1к} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, $V_{2к} = \sqrt{2V_{1к}}$

Записав первое уравнение для Луны и Земли и, поделив одно на другое, по-

лучим $V_{1к}^{\text{Л}} = \sqrt{\frac{GM_{\text{Л}}}{R_{\text{Л}}}}$, $V_{1к}^{\text{З}} = \sqrt{\frac{GM_{\text{З}}}{R_{\text{З}}}}$, $\frac{V_{1к}^{\text{Л}}}{V_{1к}^{\text{З}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{Л}} \cdot R_{\text{З}}}{M_{\text{З}} \cdot R_{\text{Л}}}} = \sqrt{0,012}$,

$$V_{1к} = 7,91 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{0,012}{0,272}} = 1,66 \text{ км/с}, V_{2к} = 2,35 \text{ км/с}.$$

Разбалловка: правильная запись соотношения для расчета первой космической скорости оценивается в 1 балл;

знание соотношения между первой и второй космическими скоростями – 1 балл;

решение в общем виде – 4 балла;

правильный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Согласно закону всемирного тяготения, Солнце и Земля притягиваются друг

$$\text{к другу с силой: } F_1 = G \frac{M_c \cdot m_3}{r_{c-3}^2}. F_1 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{(1,5 \cdot 10^{11} \text{ м})^2} \approx 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н}.$$

Земля притягивает Луну с силой: $F_2 = G \frac{m_3 \cdot m_l}{r_{3-л}^2}.$

$$F_2 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг} \cdot 7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}}{(3,8 \cdot 10^8 \text{ м})^2} \approx 2,1 \cdot 10^{20} \text{ Н}.$$

Отношение этих сил: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{3,6 \cdot 10^{22}}{2,1 \cdot 10^{20}} \approx 171$, то есть солнечное притяжение

больше земного в 171 раз, т.к. Солнце во много раз тяжелее Луны.

Либо можно получить окончательную формулу для отношения сил, и тогда:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{2 \cdot 10^{30} \text{ кг} (3,8 \cdot 10^8 \text{ м})^2}{7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг} (1,5 \cdot 10^{11} \text{ м})^2} \approx 173.$$

Ответ: солнечное притяжение больше лунного примерно в 170 раз.

Разбалловка: запись формулы закона всемирного тяготения для каждой пары небесных тел – по 1 баллу; нахождение сил – по 2 балла; нахождение отношения сил и ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Спутник вращается с запада на восток синхронно с вращением Земли. По

второму закону Ньютона: $F = ma_c$ (1), $G \frac{M_3 m_c}{R^2} = \frac{m v^2}{R}$ (2). Скорость движения по

круговой орбите: $v = \frac{2\pi R}{T}$ (3). После подстановки (3) в формулу (2) и сокращений

$$\text{получим: } \frac{GM_3}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} \text{ (4). Из (4) получаем радиус орбиты ИСЗ: } R = \sqrt[3]{\frac{T^2 GM_3}{4\pi^2}} \text{ (5).}$$

Подставляем численные значения: $T = 23 \text{ ч } 56 \text{ мин} = 86160 \text{ с}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$,

$$M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}. R = \sqrt[3]{\frac{86160^2 \text{ с}^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{4 \cdot 3,14^2}} \approx 42233 \text{ км (6).}$$

Экваториальный радиус Земли 6378 км. Найдем высоту ИСЗ над точкой земного экватора: $h = 42233 \text{ км} - 6378 \text{ км} = 35855 \text{ км (7)}$, т.е. примерно 36 тыс. км.

Разбалловка: за формулу (1) – 1 балл; за формулу (2) – 1 балл; за формулу (3) – 1 балл; за формулу (4) – 1 балл; за формулу (5) – 1 балл; за расчет радиуса орбиты (6) – 2 балла; за расчет высоты (7) – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

11-й класс

1. При полнолунии направления на Луну и Солнце для земного наблюдателя противоположны, т.е. во время восхода Луны Солнце заходит. Поскольку речь идет о времени вблизи равноденствия, продолжительность дня составляет около 12 часов. Искомое время суток – около 6 часов вечера (6 часов после полудня).

Разбалловка: догадка, что в полнолуние направления на Луну и Солнце для земного наблюдателя противоположны – 4 балла; определение времени – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Полуэллиптическая траектория, связывающая орбиты Земли и Венеры, имеет большую полуось $a = (a_{зем} + a_{вен.})/2 = 0,86$ а. е. Применяя третий закон Кеплера к этой орбите и орбите Земли, получим $T^2/T_{зем}^2 = a^3/a_{зем}^3 = 0,86^3 = 0,64$. Время полета составляет половину периода T , т. е. $\Delta t = T/2 = 0,32T_{зем} = 146$ сут.

Разбалловка: расчет большой полуоси полуэллиптической траектории – 4 балла; нахождение времени полета – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Увеличение телескопа равно отношению угловых диаметров $30'/25'' = 72$. Диаметр его объектива в 72 раза превышает диаметр зрачка глаза, то есть диаметр объектива равен 36 см.

Разбалловка: догадка, что увеличение телескопа равно отношению угловых диаметров – 4 балла; правильный ответ – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Из-за того, что Луна обращается вокруг Земли в ту же сторону, в какую вращается Земля вокруг своей оси, приливные волны движутся относительно земной поверхности медленнее, чем 1 оборот в сутки на $1/27,3$ об/сут (скорость обращения Луны 1 оборот в 27,3 суток). Следовательно, временной интервал между приливами равен $t \approx 12(1 + 1/27,3) \approx 12$ ч 27 мин.

Разбалловка: идея о влиянии движения Луны по орбите на период появления приливов – 4 балла; расчет временного интервала между приливами – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Поверхностная яркость участка звезды пропорциональна температуре в четвертой степени. В пятне, где $T = 59T_0/60$, поверхностная яркость будет составлять $E/E_0 = (\sigma T^4)/(\sigma T_0^4) = 0,935$ от поверхностной яркости соседних областей звезды. В то же время, это пятно будет занимать $S/S_0 = (\pi R^2)/(\pi R_0^2) = 1/3600$ от всей угловой площади солнечного диска. В итоге, изменение звездной величины составит

$$\Delta m = -2,5 \cdot \lg \frac{E_0(S_0 - S) + ES}{E_0 S_0} = -2,5 \cdot \lg \left(1 - \frac{S}{S_0} \left(1 - \frac{E}{E_0} \right) \right) = -2,5 \cdot \lg \left(1 - \frac{(1 - 0,935)}{3600} \right) = 0,00002.$$

Разбалловка: расчет поверхностной яркости пятна – 4 балла; нахождение изменения звездной величины – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Длина малого круга небесной сферы, описываемого суточным движением звезды со склонением $+60^\circ$, вдвое короче большого круга небесной сферы - экватора. То есть, за 1 час эта звезда описывает дугу вдвое короче, чем звезда на небесном экваторе, то есть дугу длиной $7,5^\circ$. Поле зрения телескопа 1° такая звезда пересечет по диаметру за 8 минут, то есть за вдвое большее время, чем экваториальное светило. Включение часового механизма телескопа,двигающего телескоп вслед за звездой в $(61/60)$ раз быстрее, чем движется звезда, приведет к тому, что звезда в поле зрения пойдет в обратную сторону со скоростью, в 60 раз меньшей скорости своего суточного движения. На пересечение поля зрения телескопа по диаметру звезде потребуется 480 минут или 8 часов. Эту звезду можно будет наблюдать в телескоп без коррекции большую часть ночи. Увеличение телескопа на ответ не влияет.

Разбалловка: расчет суточной скорости движения звезды – 4 балла; нахождение времени наблюдения – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.