



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

АСТРОНОМИЯ, 2017

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

**Кировской области
в 2017/2018 учебном году**

Киров
2017

Печатается по решению методической комиссии III (регионального) этапа всероссийской и областной олимпиад 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 2017-2018 учебном году / Сост. Е. В. Горшкова, Т. В. Жбанникова, М. А. Кислицына, Д. В. Перевощиков, С. В. Филиппова – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2017. – 12 с.

Авторы, составители и источники задач

Жбанникова Т.В.: 5-6.1, 5-6.2, 5-6.3, 5-6.4.

Филиппова С.В.: 7-8.1, 7-8.2, 7-8.3, 7-8.4.

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, 11.2, 11.3.

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

Байндер О. Загадки астрономии. – М.: Мир, 1966.

Гусев Е.Б., Сурдин В.Г. Расширяя границы Вселенной. – М., 2003.

Камин А.Л., Камин А.А. Космическая одиссея. – М.: Илекса, 2015.

Слободецкий И.Ш., Орлов В.А. Всесоюзные олимпиады по физике. – М.: Просвещение, 1982.

Подписано в печать 13.09.2017

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

Тираж 283 экз. Дополнительный тираж 500 экз.

© Горшкова Е. В., Жбанникова Т. В., Кислицына М. А., Перевощиков Д. В., Филиппова С. В., 2017

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников», Киров, 2017 г.

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ II (МУНИЦИПАЛЬНОГО) ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ И ОБЛАСТНОЙ ОЛИМПИАД ШКОЛЬНИКОВ

1. Олимпиада проводится в шести параллелях. Рекомендуемая продолжительность олимпиады для учащихся 5-6-х – 2 часа, 7-х классов – 2 часа, 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 параллелей 5–8-х классов состоит из 4 задач, 9–11-х классов – из 6 задач качественного и расчётного характера.

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. О сроках апелляции следует также сообщить участникам перед началом олимпиады. В процессе апелляции учащиеся знакомятся со своими результатами, и в случае несогласия с оценкой жюри, имеют право обосновать своё мнение, после чего жюри может повысить оценку или оставить её без изменения.

6. Жюри наклеивает титульные листы на работы и проставляет в них результаты.

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. В истории Великой Отечественной войны был такой эпизод: для разведчиков, уходящих в разведку, печатали на листовках стихи: «На небе ковшик золотой, зовут Медведицей Большой, секрет найти, где север, прост...». Завершите эту фразу так, чтобы был понятен её смысл. О каком практическом значении астрономии говорит эта фраза?

2. Благодаря изучению планет Солнечной системы сейчас мы точно знаем, что ни на одной планете, кроме Земли, не идут дожди и снегопады. Но, может быть, где-то дуют ветры? На каких планетах это возможно, и на какой планете в Солнечной системе ветра наиболее сильные?

3. Считая движение станции «Вояджер -1» равномерным с постоянной скоростью 17 км/с, рассчитайте, на какое расстояние удалась эта станция за 40 лет своего путешествия, и переведите это расстояние в астрономические единицы. Сделайте вывод о том, находится ли станция в Солнечной системе или за ее пределами? Считать границей расстояние, на котором преобладает вещество Солнечной системы, а это не менее 130 а. е. Продолжительность года считайте 365 суток, а величину 1 астрономической единицы – 150 000 000 км.

4. Если межзвёздные путешествия станут возможны со скоростью света, оцените, какую цель вы выберете для путешествия? Свой выбор обоснуйте краткой характеристикой объекта, учтите реальность путешествия по продолжительности.

7-й класс

1. Фобос – единственный спутник, вращающийся быстрее своей материнской планеты. За одни марсианские сутки он совершает 4 оборота вокруг Марса. За какое время по земным меркам он совершит один оборот вокруг Марса? Во сколько раз он вращается быстрее, чем Луна вокруг Земли? Сколько длились бы сутки на Земле, если бы Луна стала вращаться со скоростью Фобоса? (Сутки на Марсе длятся 24 часа 37 минут. Один оборот Луны вокруг Земли составляет 27 суток).

2. Астероиды, удерживаемые Солнцем в Солнечной системе, вращаются по эллиптическим орбитам. Некоторые из них приближаются к Солнцу ближе, чем Венера (108 млн. км). Так астероид Гермес приближается к Солнцу на расстояние 103 млн. км, Адонис – на 65 млн. км. Ближайшая к Солнцу точка орбиты движения астероида называется перигелий, самая дальняя – афелий. Попробуйте дать объяснение возникновению таких терминов. Уместно ли при рассмотрении орбит движения спутников вокруг Марса называть ближайшую и дальнюю точки их орбит «перимарсий», «апомарсий»? Обоснуйте ответ.

3. Прочтите фрагмент из книги Карела Полочек «Дом в предместье». Опишите, какое астрономическое явление они наблюдают? Что в сказанных словах является преувеличением и почему?

«...– Звезда упала, – мечтательно прошептала жена полицейского. – Надо загадать желание, – сказала пани Сырова. – Это всего-навсего примета, – назидательно произнёс пан учитель, – а ведь по сути это гибель одного из отдалённых миров...».

4. У далёких газовых гигантов при описании размеров учитывается толщина их протяжённых воздушных оболочек, поэтому так высоки значения их диаметров. Значение диаметра Юпитера – около 140 000 км, высота его атмосферы 13 000 км. Каков диаметр Юпитера без учёта воздушной оболочки? Сделайте расчёт. Назовите все известные газовые гиганты в Солнечной системе.

8-й класс

1. В древности были известны только 5 планет («блуждающие звезды»), которые легко можно было видеть невооруженным глазом. Гершель в 1781 году при помощи телескопа открыл Уран, который стал седьмой по счету планетой в Солнечной системе и первой планетой, открытой при помощи прибора. А за 100 лет до открытия Урана одна из известных сегодня планет была признана шестой по счету. Перечислите 5 планет, которые можно видеть невооруженным глазом. Назовите планету, которая исторически признана шестой и объясните, почему именно эта планета стала шестой?

2. Ближайшая к нам планетная система звезды Проксима Центавра примерно в 7500 раз дальше Плутона, на расстоянии 151,3728 триллиона километров. Если ракета разовьет скорость 1600 км/с и пересечет орбиту Плутона через 40 часов с момента старта, сколько в среднем лет ей потребуется, чтобы достичь Проксимы Центавра, двигаясь прямолинейно равномерно? (Триллион = 1 000 000 000 000.)

3. Посмотрите на созвездие, изображенное на рисунке. Свое название оно получило в 17 веке от Яна Гевелия. Гевелий так комментировал выбор названия: «В этой части неба встречаются только мелкие звёзды, и нужно иметь рысьи глаза, чтобы их различить и распознать» – и добавлял: «кто не доволен моим выбором, тот может рисовать здесь что-нибудь другое, более ему нравящееся, но, во всяком случае, тут на небе оказывается слишком большая пустота, чтобы оставлять её ничем не заполненной». Как оно называется? В каком небесном полушарии – северном или южном – наблюдается? Какие известные вам созвездия его окружают?



4. Представьте себе во Вселенной огромный океан обычной воды, в который погрузили один из газовых гигантов Сатурн. Если бы это было возможно, что произошло бы с Сатурном в водах океана при наличии атмосферного давления: он тонул, плавал или всплывал? Ответ обоснуйте и перечислите ещё три газовых гиганта Солнечной системы. Диаметр экваториальный Сатурна примерно $D = 120000$ км, масса в 95 раз больше земной, масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг. Объём шара $V = 4\pi R^3/3$, где $\pi = 3,14$. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³.

9-й класс

1. Падающий коршун, Страж медведя, Устье реки, Райская Птица, Рот рыбы, Летящий орёл. Что означают эти названия? Что лишнее в этом списке? Свой ответ пояснить.

2. Если простой год начался понедельником, то каким днём недели он закончится? А если год високосный?

3. Сколько времени пришлось бы лететь до звезды Регул, космическому кораблю, способному развить скорость 17 км/с. Расстояние до Регула 85 световых лет. (1 св. год – расстояние, которое свет проходит за год).

4. Можно ли космонавтам за два часа объехать на вездеходе небольшой астероид сферической формы со средней плотностью 2500 кг/м³? (Объём шара находится по формуле $V = 4\pi R^3/3$.)

5. Космонавт находится на некотором расстоянии от космического корабля, имея с собой два одинаковых однозарядных пистолета. Космонавт может стрелять одновременно из обоих пистолетов или по очереди. Как должен он стрелять, чтобы быстрее вернуться на корабль?

6. 1) Назовите имя великого русского ученого, 160-летие которого отмечается в сентябре 2017г. 2) Почему его называли основоположником теоретической космонавтики? 3) Как увековечено его имя в астрономических названиях?

10-й класс

1. Что такое «астеризм»? Что астрономы подразумевают под астеризмом Большой Квадрат? Можно ли его наблюдать в нашем городе и в какое время года?

2. Как отличить планету от пятна на солнечном диске? Движение каких планет по диску Солнца периодически можно наблюдать? Почему? Движение какой планеты наблюдалось в 2016 году?

3. Иоганн Кеплер утверждал: «Только Марс предоставляет нам возможность проникнуть в тайны астрономии, которые иначе оставались бы навсегда скрытыми от нас». Почему именно Марсу выпала такая великая роль? Какие открытия были сделаны, благодаря Марсу?

4. Что называется истинным полднем? Рассчитайте высоту Солнца в истинный полдень в г. Кирове в день осеннего равноденствия. (Географическая широта г. Кирова $58^{\circ}36'$.)

5. 21 августа 2017 года с Земли можно было наблюдать полное солнечное затмение. Полоса затмения проходила по территории США, диаметр тени составил 113 км. Можно ли было увидеть лунную тень на поверхности Земли, находясь на ночной стороне Луны? Докажите ответ расчетами. (Среднее расстояние от Земли до Луны 384 400 км, средний радиус Луны 1738 км, горизонтальный параллакс $57'02''$, предел разрешения глаза $1''$).

6. В 2017 году исполняется 40 лет миссии «Вояджер-1,2». «Вояджер-2» был запущен первым 20 августа 1977 года со скоростью примерно 15 км/с (0,005% от скорости света). На какое расстояние он удалился к 20 августа 2017 года? Смог ли он вылететь за пределы Солнечной системы? (Радиус гелиосферы около 100 а. е., гелиопаузы примите около 130 а. е.)

11-й класс

1. Луна в марте восходит во время полнолуния. В каком приблизительно часу?

2. Что такое «астеризм»? Что астрономы подразумевают под астеризмом Большой Квадрат? Можно ли его наблюдать в нашем городе и в какое время года?

3. Наблюдатель находится на географической широте $\varphi = 58^{\circ}36'$ (г. Киров). Определите, звёзды с какими склонениями δ будут: а) незаходящими; б) невосходящими; в) в верхней кульминации наблюдаться к северу от зенита. Ответы поясните одним или несколькими рисунками.

4. Определите массу чёрной дыры в галактике M106, расположенной в созвездии Гончих Псов, если одна из звёзд этой галактики вращается вокруг чёрной дыры по круговой орбите радиусом 0,5 светового года со скоростью $4 \cdot 10^3$ км/с. Выразите её массу в массах Солнца, если последняя равна $2 \cdot 10^{30}$ кг. Постоянная тяготения $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ (Н · м²/кг²). Земля делает полный оборот вокруг Солнца за 365,256 суток.

5. 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.

6. Оцените, как долго Земля падала бы на Солнце, если бы она вдруг остановилась в своём движении по орбите?

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.

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И РАЗБАЛЛОВКА

5–6-е классы

1. «На небе ковшик золотой зовут Медведицей Большой, секрет найти, где север прост, по направлению крайних звезд, прямую линию веи и пять отрезков отложи. Полярную звезду найди, на север прямо ты гляди». Смысл этой фразы может быть изложен в прозе: «Чтобы найти Полярную звезду, надо сначала найти характерную конфигурацию из семи ярких звёзд – созвездие Большой Медведицы, напоминающее ковш, затем через две звезды (Дубхе и Мерак) «стенки» ковша, противоположной «ручке», мысленно провести линию, на которой отложить пять раз расстояние между этими крайними звёздами. Примерно в конце этой линии находится Полярная звезда. Направление на Полярную звезду совпадает с направлением на север. Неподвижная Полярная звезда называется «компасом», её нахождение помогает ориентироваться и является основой навигации.

Разбалловка: за продолжение фразы в стихах или прозе (по смыслу, не обязательно, как у автора) – 4 балла; за пояснение роли Полярной звезды – нахождение направления на север – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. На Земле ветер является движением воздуха, составляющего земную атмосферу. Значит, ветры могут дуть только на тех планетах, где есть атмосфера. Из восьми больших планет Солнечной системы атмосферы нет только на Меркурии, масса которого слишком мала, чтобы её удержать. Поэтому на Меркурии ветра нет. Остальные семь планет – Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун – обладают атмосферой. На них могут дуть ветры. Но самые сильные ветры на планете Нептун.

Разбалловка: за причину ветра – движение воздуха – 4 балла; за перечисление планет с атмосферой – 2 балла; за указание планеты Нептун – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Чтобы определить расстояние, пройденное Вояджером, необходимо использовать формулу пути: $s = vt$. Время 40 лет необходимо перевести в секунды: $t = 40 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 1261440000 \text{ с}$.

$s = 17 \text{ км/с} \cdot 1261440000 \text{ с} = 21444480000 \text{ км} \approx 143 \text{ а. е.}$

Так как в условиях задачи определена граница Солнечной системы в 130 а. е, то станция, исходя из расчетов, покинула Солнечную систему.

Разбалловка: за формулу пути – 2 балла; за перевод времени пути в секунды – 2 балла; за вычисление пройденного пути в километрах – 2 балла; за вычисление пути в а. е. и вывод о том, что «Вояджер-1» покинул Солнечную систему – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Ключевым словом для ответа являются «межзвездные» путешествия, так как речь идет о путешествиях за пределы Солнечной системы. В таких путешествиях целью могут стать внесолнечные или экзопланеты. Выбирать следует внесолнечные планеты рядом с ближайшими звездами, на которых условия могут быть похожи на земные. Примером может стать планета звезды Альфа Центавра, расстояние до которой звездолёт со скоростью света преодолеет чуть более, чем за 4 года.

Разбалловка: за выбор цели межзвездных путешествий – 4 балла; за выбор звезд с минимальным расстоянием до Земли – 2 балла; за оценку времени полета – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 32.

7-й класс

1. Найдем продолжительность марсианских суток в земных минутах: $t = 24 \cdot 60 + 37 = 1477$ (мин) (1). Найдем время одного оборота: $t = 1477/4 = 369,25$ (мин) (2). Время обращения Луны вокруг Земли в земных минутах: $t_1 = 27 \cdot 24 \cdot 60 = 38880$ (мин) (3).

Найдем, во сколько раз Фобос вращается быстрее Луны: $38880/369,25 \approx 105$ раз (4). Даже если бы Луна стала вращаться вокруг Земли со скоростью Фобоса, сутки на Земле длились бы 24 часа, т.к. они равны периоду обращения Земли вокруг ее оси.

Разбалловка: за нахождение каждого из времен (1), (2), (3), (4) – по 1 баллу; за ответ на вопрос о продолжительности земных суток – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. 1) Возможное объяснение: Солнце в переводе на латинский язык звучит как «гелиос», «пери» – ближайшая. «Афелий»: афе – означает «далеко», «лий» – окончание от слова «гелиос». По-другому называется «апогелий».

2) Да, такое название будет обоснованно. Например, при вращении Луны вокруг Земли ближайшая ее точка называется «перигей», при максимальном удалении Луны от Земли говорят, что Луна находится в апогее. «Гей» - Земля. Следовательно, если Марс – центр, относительно которого происходит вращение спутника, то уместно ближайшую и удаленную точки движения орбиты спутника называть соответственно «апомарсий», «перимарсий».

Разбалловка: за объяснение происхождения терминов «афелий» и «перигелий» – 4 балла; за обоснование названий «апомарсий» и «перимарсий» – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Наблюдали они такое явление, как движение метеорного тела, которое на большой скорости влетело в верхние слои атмосферы Земли и под действием возникшей силы трения воспламенилось.

«Звезда упала» – является образным выражением, с точки зрения астрономии и реального положения вещей преувеличенным, так как эволюция звезды заканчивается взрывом, а не падением с неба.

«...это гибель одного из отдаленных миров...» – также литературное преувеличение. Если предположить, что существуют где-то такие же миры как наш, то вряд ли этот мир допустит свою гибель, возможно формы жизни будут перенесены на другие планетные системы. Если допустить гибель планетарной системы как гибель отдаленных миров, то это явление по количеству выброса энергии станет масштабным и не может сопровождаться наблюдаемым героями книги световым эффектом в атмосфере Земли.

Разбалловка: за описание падения метеорита и возгорание в слоях атмосферы под действием силы трения – 3 балла; за объяснение того, что эволюция звезды заканчивается взрывом, а не падением с неба – 3 балла, за догадку-рассуждение о том, что «звезда упала» и «..гибель отдаленных миров» литературное преувеличение – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Газовая оболочка простирается с обеих сторон планеты, поэтому верный расчет: $140000 - 2 \cdot 13000 = 114\,000$ км – диаметр планеты без учета воздушной оболочки.

Известные газовые гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.

Разбалловка: за учет того, что газовая оболочка простирается с обеих сторон планеты – 2 балла; расчет диаметра – 2 балла; Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун – по 1 баллу за название (в сумме 4 балла).

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 32.

8-й класс

1. Видимые невооруженным глазом планеты: Меркурий, Венера, Марс, Сатурн, Юпитер.

Задолго до 1781 года Коперник и Кеплер доказали, что Земля как и другие планеты, вращается вокруг Солнца, а не Солнце вокруг Земли. Таким образом, Земля лишилась звания центра мироздания, но была признана планетой. Поскольку признание Земли как планеты несколько запоздало, то она стала шестой по счету признанной планетой Солнечной системы среди открытых планет.

Разбалловка: за каждую правильно названную планету – по 1 баллу; за открытие вращения Земли вокруг Солнца – 2 балла; за указание Земли как 6-й признанной планеты – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Расстояние до Плутона в сравнении с расстоянием до Проксимы Центавра ничтожно мало, и им можно пренебречь. Рассчитаем время движения при прямолинейном равномерном движении по формуле $t = S/v = 151372800000000/1600 = 94608000000$ (с). Переведем время в года: $t = 94608000000/(3600 \cdot 24 \cdot 365) \cong 3000$ (лет).

Разбалловка: за правильный расчет времени – 4 балла, за перевод в года – 4 балла.

3. Созвездие Рысь. Наблюдается в северном полушарии небесной сферы. Окружено созвездиями: Б. Медведица, Жираф, Возничий, Близнецы, Рак, Лев.

Разбалловка: за название созвездия «рысь» – 1 балл; за указание полушария – 1 балл, за каждое названия созвездия – по 1 баллу.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Рассчитаем плотность Сатурна: $R = 6 \cdot 10^7$ м,
 $V = 4 \cdot 3,14 \cdot (6 \cdot 10^7)^3 \cong 9,04 \cdot 10^{23}$ (м³),
 $m = 95 \cdot 6 \cdot 10^{24} \cong 5,7 \cdot 10^{26}$ (кг),
 $\rho = m/V = 5,7 \cdot 10^{26}/(9,04 \cdot 10^{23}) \cong 630$ (кг/м³). Сравнивая с плотностью воды $\rho = 1000$ кг/м³, делаем вывод, что, поскольку плотность вещества (в нашем случае Сатурна) меньше плотности жидкости (воды), то тело всплывает.

Планеты-гиганты: Юпитер, Уран, Нептун.

Разбалловка: за расчет плотности Сатурна – 4 балла; за сравнение с плотностью воды и правильный ответ – 1 балл; за названия планет-гигантов – по 1 баллу за планету.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 32.

9-й класс

1. Лишнее в этом списке – Райская Птица, т. к. это – название созвездия. Все остальные выражения – это перевод на русский язык названий звезд.

Разбалловка: за правильный выбор названия Райской Птицы – 2 балла; за указание того, что это созвездие – 2 балла; за указание названий звезд – 4 балла;

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Понедельником. В году 52 целых недели. Это 364 дня. Год начался понедельником, значит, последний день 52-й недели – воскресенье. Тогда 365-й день приходится на понедельник. Если год високосный, то добавляем еще 1 день. То есть, високосный год закончится вторником.

Разбалловка: за правильное указание дней в простом и високосном годах – по 1 баллу; за правильное рассуждение для простого года – 5 баллов; обобщение для високосного года – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Будем считать, что космический корабль движется равномерно, тогда время можно найти по формуле: $t = s/v$.

Световые года в метрах: $s = 3 \cdot 10^8$ м/с $\cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600$ с $\cdot 85 = 8,04168 \cdot 10^{17}$ м. Подставим это значение в формулу: $t = 8,04168 \cdot 10^{17}/(17 \cdot 10^3$ м/с) $= 0,47304 \cdot 10^{14}$ с $= 1,5$ млн. лет.

Разбалловка: за написание формулы времени – 1 балл; за перевод расстояния в метры – 2 балла; за вычисление времени полета в секундах – 2 балла; за перевод ответа в года – 3 балла.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

4. Во время объезда вездеход будет двигаться по окружности, и силы притяжения вездехода к астероиду должно хватить, чтобы удерживать вездеход на этой окружности:

$$G \frac{Mm}{R^2} \geq \frac{mv^2}{R}, \text{ то есть } G \frac{M}{R^2} \geq \frac{v^2}{R} \quad (1).$$

Воспользовавшись формулой расчета массы через плотность и объём, а также формулой для расчета скорости $v = 2\pi R/T$, получаем $\frac{4G\rho\pi R^3}{3R} \geq \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}$ (2). После упрощения получаем $\rho \geq \frac{3\pi}{GT^2}$ (3).

Это условие не зависит от радиуса астероида! Подставляя данные, получим, что необходимая плотность $\rho \geq 2725 \text{ кг/м}^3$. Так что при плотности 2500 кг/м^3 вездеход не сможет объехать за 2 часа астероид ни при каком радиусе.

Разбалловка: за написание условия движения по окружности в общем виде (1) – 2 балла; за написание формул для массы и скорости (2) – по 1 баллу; за получение окончательной формулы плотности (3) – 2 балла; за окончательный ответ – 2 балла;

Максимальная стоимость ответа 8 баллов.

5. Скорость, получаемая космонавтом при выстреле из второго пистолета, будет больше, если он выбросит первый пистолет (масса космонавта уменьшится). Значит, при последовательной стрельбе и выбрасывании использованного пистолета космонавт скорее сможет вернуться на корабль.

Разбалловка: за идею решения – 4 балла; за окончательный ответ – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа 8 баллов

6. 1) Константин Эдуардович Циолковский.

2) Обосновал использование ракет для полётов в космос, пришёл к выводу о необходимости использования «ракетных поездов» – прототипов многоступенчатых ракет. Основные научные труды относятся к аэронавтике, ракетодинамике и космонавтике.

3) Именем Циолковского назван кратер на Луне и малая планета

Разбалловка: за указание фамилии ученого – 2 балла; за объяснение, почему его назвали основоположником теоретической космонавтики – 4 балла; за указание того, что названо в честь Циолковского – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

10-й класс

1. Астеризм – это легко различимая группа звезд, имеющая исторически устоявшееся название. Под астеризмом Большой Квадрат подразумевают: 3 звезды созвездия Пегас (α -Маркаб, β -Шеаб, γ -Альгенил) и 1 звезда созвездия Андромеда (α -Альферац). Лучше всего в нашем городе Б. Квадрат наблюдается осенними вечерами (вернее, с августа).

Разбалловка: за понимание термина «астеризм» – 3 балла; за указание звезд (можно без названий) – 4 балла; за указание времени наблюдения – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Если наблюдать в течение нескольких минут, то пятно за это время практически не сместится, а планета заметно сдвинется. Такое явление характерно для внутренних планет – Меркурия и Венеры. Эти планеты могут оказаться между Землей и Солнцем (соединение). Последним из наблюдавшихся было прохождение Меркурия по диску Солнца 9 мая 2016 г.

Разбалловка: за каждое верное утверждение – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Орбита Марса заметно отличается от окружности. По данным наблюдения за Марсом Кеплер открыл три закона небесной механики. Стало ясно, что планеты движутся не по «идеальным» окружностям, а по эллипсам, неравномерно, элементы их орбиты можно рассчитать. Все это опровергало догму о божественном происхождении Солнечной системы, утверждая универсальность законов природы.

Разбалловка: за каждое верное утверждение – по 2 балла (оценивается смысл ответа, а не формулировка).

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Истинным полднем называется момент верхней кульминации центра Солнца.

Высоту Солнца в верхней кульминации можно найти: $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ (1).

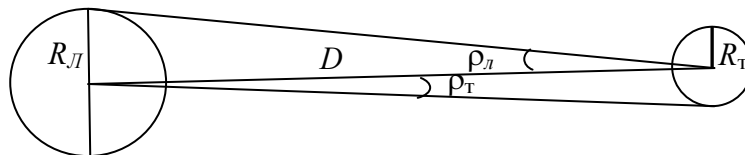
В день осеннего равноденствия Солнце находится в точке пересечения эклиптики и небесного экватора, склонение Солнца $\delta = 0^\circ$ (2).

Тогда высота Солнца в верхней кульминации в этот день: $h = 90^\circ - 58^\circ 36' = 31^\circ 24'$ (3).

Разбалловка: за понимание термина «истинный полдень» – 2 балла; за выбор (или вывод) правильной формулы (1) – 2 балла; за определение склонения Солнца (2) – 2 балла; за расчет высоты (3) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Радиус Луны и ее горизонтальный параллакс связаны соотношением: $R_L = D \cdot \sin \rho_L$ (1) или из-за малости угла $R_L \cong D \rho_L$ (2).



Аналогичное выражение для радиуса тени: $R_T = D \cdot \sin \rho_T \cong D \rho_T$ (3). Найдем угловой радиус тени с поверхности Луны: $\rho_T = R_T \cdot \rho_L / R_L$ (4). Численно: $\rho_T = 56,5 \text{ км} \cdot 0,0166 \text{ рад} / 1738 \text{ км} \cong 0,00054 \text{ рад} \cong 1,86'$ (5).

Параллакс Луны $\rho_L = 57'02'' \cong 0,0166 \text{ рад}$. Угловой диаметр тени составит $3,72'$.

1) Тень можно наблюдать именно с ночной половины Луны, которая будет в это время обращена к Земле.

2) Так как разрешение глаза $1''$, а размер тени намного больше, то тень будет видна.

Разбалловка: за рисунок и формулы (1) и (2) – 4 балла; за формулу (4) и расчет (5) – 2 балла; за окончательный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Найдем примерную скорость аппарата: $v = 3 \cdot 10^5 \cdot 0,005 = 15 \text{ (км/с)}$.

Время полета 40 лет переведем в секунды: $t = 40 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 \cong 1,262 \cdot 10^9 \text{ (с)}$ (1).

Найдем расстояние, которое пролетел «Вояджер-2» за это время: $s = vt = 15 \text{ км/с} \cdot 1,269 \cdot 10^9 \text{ с} \cong 1,89 \cdot 10^{10} \text{ км} \cong 126 \text{ а. е.}$ (2).

Гелиопауза – это граница между гелиосферой и межзвездной средой, считается границей Солнечной системы. «Вояджер-2» не добрался до внешней границы гелиопаузы, поэтому не покинул пределы Солнечной системы.

Разбалловка: за расчет расстояния – 4 балла; за понимание терминов «гелиосфера» и «гелиопауза» и окончательный вывод – 4 балла.

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. См. решение задачи 1 для 10 класса.

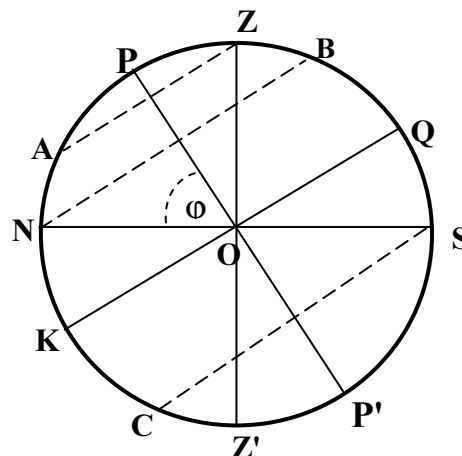
3. а) $\delta \geq 90^\circ - \varphi = 31^\circ 24'$ – незаходящие звезды, лежащие выше линии NB;

б) $\delta \leq 90^\circ - \varphi = -31^\circ 24'$ – невосходящие звезды, лежащие ниже линии SC;

в) $\delta > \varphi = 58^\circ 36'$ – звезды, лежащие выше линии AZ, в верхней кульминации наблюдаются к северу от зенита.

Разбалловка: за понимание того, что высота полюса мира над горизонтом равна $\varphi - 1$ балл; за каждый правильный ответ – по 1 баллу; за правильный рисунок или рисунки – 4 балла

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.



4. Для решения задачи проще всего воспользоваться выражением для круговой скорости на какой-то высоте, которое вводилось при решении задач на движение ИСЗ:

$$V_{кр}^H = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus} + H}} \quad (1). \text{ Применительно к нашему случаю, оно запишется: } V = \sqrt{\frac{GM_{ч.д.}}{R_{орб}}} \quad (2)$$

Выражаем радиус орбиты в метрах:

$$R_{орб} = 0,5 \text{ св.г.} = 0,5 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 365,256 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ м} = 4,734 \cdot 10^{15} \text{ м.}$$

Выражаем из уравнения (2) массу чёрной дыры: $M_{ч.д.} = R_{орб} V^2 / G$. Результаты расчётов: $M_{ч.д.} = 1,136 \cdot 10^{39} \text{ кг} = 5,678 \cdot 10^8$ масс Солнца.

Разбалловка: за идею решения – 2 балла; правильная запись уравнения (2) или его правильный вывод, исходя из других физических соображений – 2 балла; верное определение радиуса орбиты – 1 балл; верный окончательный ответ – 3 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Увеличение телескопа равно отношению угловых диаметров и составляет $30 \cdot 60'' / 25'' = 72$. Диаметр его объектива в 72 раза превышает диаметр окуляра, т.е. зрачок глаза. Диаметр объектива равен $72 \cdot 5 \text{ мм} = 36 \text{ см}$.

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. На первый взгляд такая задача может быть решена только методами высшей математики – величина ускорения, с которым Земля падает на Солнце, не постоянна и сильно изменяется в зависимости от расстояния до него. Однако существует и более простой путь. Для этого достаточно представить, что Земля и Солнце – материальные точки с соответствующими массами и что Земля остановилась не совсем, а обладает очень малой скоростью. Тогда она опишет вокруг Солнца очень вытянутую эллиптическую орбиту, эксцентриситет которой будет приближаться к единице. Значит, для решения задачи можно воспользоваться третьим законом Кеплера: $T_{лет}^2 / a_{a.e.}^3 = 1$

Большая полуось такого эллипса будет равна половине радиуса земной орбиты, т.е. 0,5 астрономической единицы. Следовательно, период обращения будет равен: $T = \sqrt{a^3} = \sqrt{0,5^3} = 0,354$ года. Время падения будет равно полупериоду: $\Delta T = 0,177$ года ≈ 65 суток.

Разбалловка: понимание того, что задача может быть решена, опираясь на третий закон Кеплера – 4 балла; правильная запись его в любой форме – 2 балла; правильный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.