



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

АСТРОНОМИЯ, 2018

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

Кировской области
в 2018/2019 учебном году

Киров
2018

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 2018-2019 учебном году / Сост. Е. В. Горшкова, Т. В. Жбанникова, М. А. Кислицына, Д. В. Перовощиков, С. В. Филиппова – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2018. – 14 с.

Авторы, составители и источники задач

Жбанникова Т. В.: 5-6.1, 5-6.2, 5-6.3, 5-6.4, 7.1, 7.2, 7-3, 7-4.

Филиппова С.В.: 8.1, 8.2., 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.

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

8.2 – Сурдин В.Г. «Астрономические задачи с решениями». – М.: 2002 г.

8.3 – Московские задания муниципального тура Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2015 год.

Подписано в печать 17.09.2018

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага типографская. Усл. печ. л. 0,8

Тираж 433 экз.

© Горшкова Е. В., Жбанникова Т. В., Кислицына М. А., Перовощиков Д.В., Филиппова С. В., 2018

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников», Киров, 2018 г.

ОРГКОМИТЕТУ И ЖЮРИ

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. Итоги олимпиады подводятся отдельно по каждой параллели 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 11-х классов.

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 показа и 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 проверяет исключительно обезличенные работы участников. Шифрование работ проводит представитель оргкомитета олимпиады. После проверки и выставления баллов на работы могут быть наклеены титульные листы, на которые переносятся проставленные баллы.

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 письменными 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 жюри 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.

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.

ЗАДАНИЯ

5–6-е классы

1. Представьте себя учеником школы Австралии. Вам необходимо научиться ориентироваться по звёздам. Какие самые известные способы ориентирования по звездам (созвездиям) существуют для жителей южного полушария?

2. 27 июля этого года наблюдалось сразу два интересных астрономических явления. В одном интернет источнике было написано: «Жители России одновременно увидят самое длительное в XXI веке полное затмение Луны и противостояние Марса. Красная планета приблизится к Земле на максимально близкое расстояние. Рассмотреть ее поверхность можно будет без телескопа». Найдите в этом сообщении астрономическую ошибку. Поясните суть этих астрономических явлений?

3. Диаметр нашей Галактики составляет 100 000 световых лет. Сколько времени потребуется космическому кораблю, летящему со скоростью 100 км/с, чтобы пересечь нашу Галактику с одного конца на другой? Дайте расшифровку единицы измерения – 1 световой год. Оцените возможность такого путешествия. При вычислениях продолжительность года считать равной 365 суткам.

4. 2018 год по Восточному календарю – год Собаки. А как этот факт связан с названиями созвездий? Сколько на небе созвездий, в названиях которых упомянуты собаки? Можно ли наблюдать эти созвездия в северном полушарии на широте города Кирова.

7-й класс

1. Как известно, многие названия созвездий позаимствованы из мифологии Древней Греции. Приведите пример одного из таких названий. Но есть такие названия созвездий, которые встречаются в школе на уроках: математики, физики, географии, биологии, астрономии. Укажите названия этих созвездий.

2. Попробуйте составить «Галерею рекордов» для планет Солнечной системы. Для каждой планеты, начиная с Меркурия, и заканчивая Нептуном, назовите рекордные характеристики.

3. Планета, комета, галактика, астероид, звезда. Укажите лишнее в этом списке и обоснуйте свой ответ.

4. Во время мощных вспышек на Солнце выбрасываются облака горячей плазмы, скорость которых достигает 1500 км/с. Как быстро выброшенные облака плазмы достигнут Земли? Расстояние от Земли до Солнца считать 150 000 000 км. При расчётах считайте, что движение плазмы происходит по прямолинейной траектории, спирального закручивания плазмы не происходит. При переводе секунд в часы выполнить приблизительные вычисления.

8-й класс

1. Нередко по телевидению и в прессе мы сталкиваемся с названиями: «Чанъэ», «Dawn», «Вояджер», «Розетта». Что объединяет все эти названия? В чем различие между ними?

2. Экономичным средством передвижения по Солнечной системе является солнечный парус. Огромный экран из светоотражающей пленки под давлением солнечных лучей совершает перемещение в космическом пространстве. Можно ли утверждать, что маневрировать на космическом аппарате с солнечным парусом можно так же, как и управлять обычной яхтой, и под ним можно идти к Солнцу, как на яхте против ветра?

3. В 1934 г. начались первые регулярные телепередачи на Земле. При этом используется УКВ диапазон, и сигнал уходит сквозь земную атмосферу в космос. Предположим, что сигнал был послан на одну из экзопланет, там он был принят и направлен обратно. Если предположить, что их ответ сегодня дошел до нас, то на каком расстоянии от Земли находится эта экзопланета?

4. Планета видна на Земле в полночь. Ближе к Солнцу или дальше от него, чем Земля, находится эта планета? Поясните ответ.

9-й класс

1. Мы привыкли к определенному виду звездного неба. А где мы могли бы увидеть «незнакомые» звезды?
2. Можно ли с северного полюса Земли наблюдать солнечное затмение, происходящее 22 декабря?
3. Очутившись на неизвестной планете, космонавты решили определить ее гравитационные характеристики, измерив скорость тела, подброшенного вертикально вверх с поверхности планеты. Проведя опыты, они определили, что на высоте 2 м над точкой бросания скорость тела равна 6 м/с, а на высоте 4 м она составляет 4 м/с. Какова была скорость тела в момент броска и какой будет его скорость на высоте 6 м над поверхностью планеты? Чему равно ускорение свободного падения на планете?
4. Для чего используют телескопы при наблюдении звезд? Увеличивает ли телескоп видимые размеры звезд? А если взять очень большое увеличение? Ответ поясните.
5. Считая, что радиус орбиты ИСЗ 7340 км, определите число оборотов спутника вокруг Земли за сутки. (Масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, радиус Земли 6371 км).
6. Какие сутки длиннее: солнечные или звездные? На сколько? Почему?

10-й класс

1. В старину на Руси говорили, глядя на небо в определенные периоды: «Месяц погиге и бысть аки кровь...». Качали головами мудрые «стари людие» и рекли: «Не благо есть сяково знамение!». О чём идет речь? Поясните, почему месяц становился «аки кровь». Что означает это «знамение»?
2. 145 лет назад был опубликован роман Жюль Верна, в котором герой заключает пари, что сможет объехать вокруг света за 80 дней, двигаясь все время на восток. Но, он затрачивает сверх этого времени еще несколько часов. Кажется, пари проиграно. Но верный слуга сообщает, что в его городе еще вчерашний день. Путешественник является в назначенное место вовремя. Объясните, как это произошло?
3. 27 июня с ночной половины Земли наблюдалось полное лунное затмение, которое считается самым продолжительным в столетии. Определите высоту Луны над горизонтом в момент середины затмения для широты г. Кирова $\varphi = 58^{\circ}36'$. Склонение Луны в этот день было $\delta = -21^{\circ}$.
4. Оцените, за сколько времени сможет долететь космический корабль до Марса, если в момент приближения к Марсу планета будет находиться в Великом противостоянии, и расстояние до нее считать равным 57 млн. км?
5. В начале 1946 года почти одновременно, но с различными установками, венгерские и американские радиофизики осуществили радиолокацию Луны. Это дало новый метод определения расстояния до Луны и планет. В 1958 году была проведена радиолокация Венеры. Сигналу потребовалось примерно 5 мин для путешествия к планете и обратно. На каком расстоянии находилась Венера? Какую еще интересную характеристику движения планеты удалось выяснить с помощью радиолокации?
6. В ядре Солнца происходят термоядерные реакции, в результате которых водород превращается в гелий. В результате последовательности реакций протон-протонного цикла из четырех атомов водорода образуется один атом гелия. Определите:
 - 1) Сколько энергии выделяется при превращении 1 г водорода в гелий?
 - 2) Ежесекундно в реакцию на Солнце вступает $6 \cdot 10^{14}$ г водорода, какая при этом выделяется энергия? ($m_p = 1,00728$ а.е.м., $m_{\alpha}(He) = 4,00260$ а.е.м., $m_e = 0,0005486$ а.е.м., $1 \text{ МэВ} = 1,60219 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$, $c^2 = 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.}$).

11-й класс

1. Один рассеянный Кировский астроном-любитель, строивший самодельный телескоп, как-то забыл на подоконнике линзу для будущего объектива. В один прекрасный день он обнаружил, что в ковре, лежащем на полу, прожжена дыра. Известно, что фокусное расстояние линзы равнялось 1 м, подоконник находился на высоте 80 см от пола. Определите примерную дату порчи ковра.

2. Солнечная система движется со скоростью 600 км/с относительно реликтового фонового излучения. С какой абсолютной погрешностью требуется уметь измерять температуру реликтового фонового излучения, чтобы заметить это движение?

3. Первый открытый белый карлик (достаточно яркий объект со звездной величиной $+8,4^m$) был обнаружен только в 1862 году. Однако затем он в течение нескольких десятиков лет не наблюдался, и доказать, что это действительно белый карлик, удалось только в 1915 году. Почему так произошло? Рассмотрите все возможные варианты и выберите наиболее вероятный.

4. Альbedo (коэффициент отражения) Луны равен 0,07. Как изменилась бы звездная величина Луны в полнолуние по сравнению с нынешней, если бы альbedo стало равным 0,18?

5. Максимальная база (расстояние между антеннами) космического радиointерферометра «Радиоастрон» составляет 350 000 км. Масса черной дыры в центре Галактики составляет $4 \cdot 10^6$ масс Солнца, расстояние до нее – 8 кпк. Определите длину волны, на которой должен вести наблюдения «Радиоастрон», чтобы наблюдаемые угловые размеры черной дыры превышали предельное угловое разрешение радиointерферометра.

6. Три звезды с массами, равными массе Солнца, находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной 1 а.е. Какими должны быть скорости звезд, чтобы их взаимное расположение не изменялось со временем? (Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг).

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И РАЗБАЛЛОВКА

5–6-е классы

1. Так как Австралия находится в Южном полушарии, Полярная звезда не наблюдается. Самым популярным для ориентирования созвездием является Южный Крест. Это созвездие состоит из пяти ярких, перекрестно видимых звезд. Линия, проведенная через длинную ось Южного креста, пройдет вблизи южного полюса мира.

Разбалловка: за указание того, что нельзя использовать Полярную звезду – 4 балла; упоминание созвездия Южный Крест – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Ошибкой является: «Рассмотреть ее поверхность можно будет без телескопа» Даже в моменты великого противостояния Марса рассмотреть поверхность Марса невозможно.

Лунное затмение – это явление, когда Луна при движении вокруг Земли входит в конус тени, отбрасываемой Землей. При полном затмении Луны лунный диск остается видимым, но приобретает темно-красный оттенок.

Великое противостояние Марса – это явление наиболее близкого сближения Земли и Марса, такой краткой формулировки достаточно для 5-6 класса.

Разбалловка: за указание ошибки – 4 балла; пояснение того, что представляет собой полное затмение Луны – 2 балла, пояснение того, в чем суть великого противостояния Марса – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Если считать, что корабль движется равномерно прямолинейно, то время можно вычислить по формуле: $t = s/v$.

1 св. год – это расстояние, которое свет проходит за 1 год.

Переведем 1 св. год в километры: $365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} \cdot 300000 \text{ км/с} = 9460800000 \text{ км}$.

Диаметр Галактики в километрах: 9460800000000000 км.

Время путешествия: $t = 9460800000 \text{ км} / (365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ км/с}) = 300000000 \text{ лет}$

Около 300 миллионов лет. Даже с такой скоростью подобное путешествие нереально из-за очень большого времени путешествия.

Разбалловка: за формулу времени – 2 балла; за пояснение единицы 1 световой год – 2 балла; за расчет времени – 2 балла; за вывод о нереальности данного путешествия из-за очень большого времени путешествия. – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Есть три созвездия, названия которых связаны с собаками: Гончие псы, Малый Пес, Большой Пес. Все созвездия можно наблюдать на широте города Кирова, хотя Большого Пса только частично.

Разбалловка: за Гончих Псов – 2 балла, за Большого и Малого Псов – 4 балла, за возможность наблюдения всех трех созвездий – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 32.

7-й класс

1. От Андромеды до Цефея любое название. На уроках математики: Треугольник и Циркуль. На уроках физики: Весы и Часы. На уроках биологии: Микроскоп. На уроках географии: Компас. На уроках астрономии: Телескоп.

Разбалловка: за любое правильное название созвездия – 1 балл; на уроках математики Треугольник и Циркуль – 2 балла; на уроках физики Весы и Часы – 2 балла; на уроках биологии Микроскоп – 1 балл; на уроках географии Компас – 1 балл; на уроках астрономии Телескоп – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Меркурий – самая близкая от Солнца, имеет самый большой перепад температур ночной и дневной стороны. Венера – самая жаркая планета. Земля – единственная с разумной формой жизни. Марс – имеет самый высокий вулкан в Солнечной системе. Юпитер – самая большая по размерам планета, имеет самое большое количество спутников. Сатурн – имеет самую выразительную, наблюдаемую с Земли систему колец. Уран – самая холодная планета. Нептун – самая удаленная от Солнца планета.

Разбалловка: за каждую планету – по 1 баллу.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. 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 галактику – 4 балла; за пояснение – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Считая движение равномерным прямолинейным, запишем формулу для расчета времени: $t = s/v$, численно: $t = 150000000 \text{ км} / (1500 \text{ км/с}) = 100000 \text{ с} \approx 30 \text{ ч}$.

Солнечная плазма достигнет Земли более чем за 1 сутки и 6 часов.

Разбалловка: за формулу времени – 2 балла; за вычисление времени движения плазмы в секундах – 2 балл; за перевод в сутки и часы – 2 балл; за ответ, на поставленный в задаче вопрос – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 32.

8-й класс

1. Все это – названия космических аппаратов, которые использовались для исследования Луны, планет и их спутников, малых тел Солнечной системы: «Чанъэ» – исследование Луны, «Dawn» – астероида Веста и карликовой планеты Церера; «Вояджер» – Юпитера, Сатурна и их спутников; «Розетта» – кометы Чурюмова-Герасименко.

Разбалловка: за указание, что все это – беспилотные космические аппараты – 4 балла; за перечисление направления миссий – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Да. При движении яхты против ветра используется не только давление ветра на парус, но и давление воды, которая давит на киль и корпус. Для солнечного паруса гравитационное притяжение Солнца играет роль давления воды. Разворачивая парус под разными углами к падающим солнечным лучам, используют их давление для увеличения или уменьшения энергии аппарата. Так солнечный парус может приближаться и удаляться от Солнца.

Разбалловка: за ответ «да» – 2 балла; за догадку, что в управлении солнечным парусом не только солнечные лучи, но и гравитационное притяжение Солнца играет роль – 3 балла; за указание того, что парус может как приближаться к Солнцу, так и удаляться от него – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Сигнал должен пройти расстояние от нас до экзопланеты дважды: сначала от Земли, а затем от инопланетян обратно к Земле. На все это он должен затратить время равное $T = 2018 - 1934 = 84$ года, значит, от экзопланеты до Земли сигнал шел 42 года. Т. к. сигнал шёл со скоростью света, то расстояние до экзопланеты 42 св. года.

Разбалловка: за указание, что сигнал проходит двойной путь при передаче – 2 балла; за верное вычисление времени движения сигнала T – 2 балла; за указание, что скорость движения сигнала равна скорости света – 2 балла; за правильный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Дальше, не зависимо от того, в какой части горизонта видна планета. Ближайшие к Солнцу планеты – Меркурий и Венера наблюдаются перед восходом или после заката Солнца, отстоя от него на небольшое количество градусов.

Разбалловка: за правильный ответ - 4 балла; за правильное объяснение (может быть собственный вариант) – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 32.

9-й класс

1. Вид звездного неба изменяется в зависимости от широты места наблюдения. Для нас это при перемещении на юг. «Незнакомые» звезды, не восходящие на средних широтах северного полушария, мы можем увидеть, находясь в южном полушарии. С экватора можно наблюдать все звезды. А совсем «незнакомые» звезды мы могли бы увидеть, если бы удалились от Солнечной системы на большое расстояние.

Разбалловка: за понимание того, что вид звездного неба изменяется в зависимости от широты места наблюдения – 2 балла; за понимание того, что в одном полушарии видна часть звезд противоположного полушария – 2 балла; за понимание того, что с экватора видны все звезды – 2 балла; за понимание, что совсем «незнакомые» звезды мы можем видеть далеко за пределами Солнечной системы – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Нельзя. Солнечное затмение наблюдается тогда, когда солнечный диск закрывается лунным диском. 22 декабря с северного полюса Земли не видно Солнца, т. к. в это время там полярная ночь.

Разбалловка: за ответ без объяснения – 2 балла; за объяснение сути солнечного затмения – 3 балла; за указание того, что не видно Солнца – 3 балла;

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Запишем уравнение для высоты тела, подброшенного вертикально вверх, с учетом того, что движение равнозамедленное: $h_1 = (v_1^2 - v_0^2)/(-2g)$; $h_2 = (v_2^2 - v_0^2)/(-2g)$, где h_1 и h_2 – соответствующие высоты, v_0 – начальная скорость, v_1 и v_2 – скорости на высотах h_1 и h_2 соответственно. Вычитая из второго уравнения первое, получаем: $h_2 - h_1 = (v_2^2 - v_1^2)/(-2g)$. Из этой формулы получаем, что $g = 5 \text{ м/с}^2$.

Подставив значение g в любое из первоначальных уравнений, получим $v_0 = \sqrt{v_1^2 + 2gh_1}$, $v_0 = 7,5 \text{ м/с}$.

Запишем формулу равнозамедленного движения для высоты $h_3 = 6 \text{ м}$: $h_3 = (v_3^2 - v_0^2)/(-2g)$, отсюда $v_3 = \sqrt{v_0^2 - 2gh_3}$. После подстановки значений получаем: $v_3 = \sqrt{-4} \text{ м/с}$. Этот ответ не имеет смысла, т.е. тело вообще не достигнет высоты 6 м.

Разбалловка: за написание формул высот – 1 балл; за вычисление g – 2 балла; за вычисление начальной скорости – 2 балла; за вычисление скорости v_3 – 2 балла; за вывод, что тело не достигнет высоты 6 м – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Телескопы используют для того, чтобы собрать больше света и увидеть более слабые звезды. Телескопы не увеличивают видимые размеры звезд. Вследствие большой удалённости звезды видны в телескоп как точки даже при наибольшем возможном увеличении.

Разбалловка: за понимание того, для чего используют телескопы – 3 балла; за указание того, что телескоп не увеличивает видимые размеры звезд – 3 балла; за окончательный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Обозначим число оборотов спутника Земли за сутки n , радиус орбиты – r , время – t , период обращения – T . Запишем формулу для числа оборотов: $n = t/T$.

Запишем формулу для периода обращения спутника: $T = s/v = 2\pi r/v_1$, где v_1 – первая космическая скорость: $v_1 = \sqrt{GM/r}$.

Подставим эти выражения в формулу для числа оборотов: $n = \frac{t}{2\pi r} \sqrt{\frac{GM}{r}}$. Далее подставим в формулу известные значения, переведя их в СИ:

$$n = \frac{8,64 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,34 \cdot 10^6} \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{7,34 \cdot 10^6}} \approx 1,87 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{5,452 \cdot 10^7} \approx 14$$

Разбалловка: за написание формулы числа оборотов – 1 балл; за написание формулы периода обращения – 1 балл; за написание формулы числа оборотов в окончательном виде – 3 балла; за вычисление ответа – 3 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Солнечные сутки приблизительно на 4 минуты длиннее звездных. Это происходит потому, что вращаясь вокруг собственной оси, Земля также движется по орбите вокруг Солнца. Земля должна сделать чуть больше одного оборота вокруг своей оси, чтобы для одной и той же точки Земли Солнце вновь наблюдалось на небесном меридиане.

Разбалловка: за правильный ответ с объяснением – 8 баллов.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48 баллов.

10-й класс

1. Речь идет о лунном затмении.

Когда Луна входит в земную тень, то длинноволновая часть спектра, испытав преломление в атмосфере Земли, попадает на Луну. Т.к. это соответствует красному цвету, то Луна краснеет. Коротковолновое излучение сильнее всего рассеивается атмосферой.

Это довольно частое явление природы (обычно, 2 раза в год) не является каким-то «знамением». Просто людям в старину было свойственно связывать его с событиями своей жизни.

Разбалловка: за указание явления – 3 балла; за объяснение покраснения Луны – 3 балла; за указание, что это только явление природы – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. За 80 суток, двигаясь навстречу Солнцу, путешественник видел 81 восход Солнца. При этом он пересек линию перемены дат, проходящую вблизи меридиана 180° . При пересечении этой линии в восточном направлении одно и то же число месяца приписывается двум последовательным дням.

Разбалловка: за указание линии перемены дат – 4 балла; за объяснение счета дней – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Т.к. Луна в момент середины затмения находилась в верхней кульминации в точке, противоположной Солнцу, и кульминировала к югу от зенита, то ее высоту (центра диска) найдем по формуле: $h = 90^\circ - \varphi + \delta$. Расчет: $h = 90^\circ - 58^\circ 36' + 21^\circ = 42^\circ 24'$.

Разбалловка: за правильное нахождение формулы высоты – 6 баллов; за расчет – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Когда корабль выведен на орбиту, то он полетит по траектории, которую можно рассматривать как половину эллипса, в одном из фокусов которого находится Солнце. Время полета будет равно половине периода: $t = T_k / 2$. Период обращения по эллипсу

найдем из III закона Кеплера: $T_k = T_\oplus \frac{a_k}{a_\oplus} \sqrt{\frac{a_k}{a_\oplus}}$.

Большая полуось орбиты корабля $a_k = (2a_\oplus + r)/2 = (2 \cdot 1 \text{ а.е.} + 0,38 \text{ а.е.})/2 = 1,19 \text{ а.е.}$, где $r = 57 \text{ млн.км} \cong 0,38 \text{ а.е.}$.

После подстановки данных: $T_k = 1 \text{ год} \cdot \frac{1,19 \text{ а.е.}}{1 \text{ а.е.}} \sqrt{\frac{1,19 \text{ а.е.}}{1 \text{ а.е.}}} \approx 1,09 \text{ год}$. Время полета составит $t \approx 0,54 \text{ лет}$.

Разбалловка: за идею использовать III закон Кеплера и определение времени полета – 2 балла; за формулу нахождения периода – 2 балла; за нахождение большой полуоси орбиты корабля – 2 балла; за нахождение времени полета – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Для определения расстояния до Венеры воспользуемся формулой: $r = ct/2$.

После подстановки данных: $r = 300000 \cdot 300 / 2 = 45000000 \text{ (км)}$. Венера находилась на расстоянии 45 млн. км.

Также с помощью радиолокации было обнаружено обратное вращение планеты вокруг оси (навстречу другим планетам Солнечной системы).

Разбалловка: за формулу – 2 балла; за нахождение расстояния – 2 балла; за ответ на вопрос – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Энергию, выделяющуюся в результате одного цикла можно рассчитать по формуле Эйнштейна: $\Delta E = \Delta m c^2$, где Δm – дефект масс: $\Delta m = 4 \cdot m_p - m_\alpha (\text{He})$. Используя данные в условии значения величин, получим:

$$\Delta m = 4 \cdot 1,00728 \text{ а.е.м.} - (4,00260 - 2 \cdot 0,0005486) \text{ а.е.м.} = 0,02762 \text{ а.е.м.},$$

$$\Delta E = 25,73 \text{ МэВ} = 41,22 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}.$$

1) В 1 г водорода содержится количество протонов

$$N = \frac{1 \text{ г}}{m_p} = \frac{10^{-3} \text{ кг}}{1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = 5,98 \cdot 10^{23} \approx 6 \cdot 10^{23}.$$

Зная, что из четырех протонов получается 1 ядро гелия, рассчитаем энергию, выделяющуюся при «сгорании» 1 г водорода:

$$E_1 = \frac{6 \cdot 10^{23}}{4} \cdot \Delta E = 6,2 \cdot 10^{11} \text{ Дж}.$$

2) Ежесекундно на Солнце высвобождается энергия:

$$E_2 = 6 \cdot 10^{14} \cdot 6,2 \cdot 10^{11} \text{ Дж} \approx 3,72 \cdot 10^{26} \text{ Дж}.$$

Разбалловка: за формулу Эйнштейна – 1 балл; за расчет дефекта масс – 3 балла; за расчет ΔE – 1 балл; за расчет энергии, выделяющейся при сгорании 1 г водорода – 2 балла; за расчет энергии, выделяющейся ежесекундно – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

11-й класс

1. Для того, чтобы прожечь ковер, линза должна была сфокусировать на нем излучение Солнца. Отсюда следует, что когда в ковре была прожжена дыра, расстояние от линзы до места прожига равнялось фокусному расстоянию линзы. Исходя из этого, несложно найти высоту Солнца над горизонтом – ее можно определить как угол в прямоугольном треугольнике, гипотенуза которого равна 1 м, а противолежащий катет – 0,8 м. Т.е. требуется найти угол, синус которого равен 0.8. Высота Солнца над горизонтом составляет около 53° .

Так как широта Кирова примерно $\varphi = 58^\circ$, то максимальная высота подъема Солнца над горизонтом в нем $h_{\max} = 90^\circ - \varphi + 23,5^\circ = 55,5^\circ$. Получается, что Солнце прожигало ковер тогда, когда находилось на максимально возможной высоте над горизонтом, т.е. это было в полдень в окрестности дня летнего солнцестояния. Отсюда ответ – ковер пострадал во второй половине июня.

Разбалловка: за нахождение высоты Солнца над горизонтом – 3 балла; за нахождение максимальной высоты подъема Солнца над горизонтом – 3 балла; за правильное определение времени – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Реликтовое излучение является чернотельным с температурой около 2,7 К. При движении относительно реликтового фона спектр излучения сдвигается за счет эффекта Доплера и, как следствие, меняется его температура.

Воспользуемся для оценки температуры положением максимума в спектре излучения.

Известен закон смещения Вина – частота максимума в спектре пропорциональна температуре излучения: $\nu_{\max} \sim T$. Тогда изменение частоты максимума пропорционально изменению температуры, $\Delta \nu_{\max} \sim \Delta T$, причем с тем же коэффициентом.

Запишем формулу нерелятивистского (скорость мала по сравнению со скоростью света c) эффекта Доплера для частот: $\Delta \nu / \nu = v / c$.

Отсюда $\Delta T / T = v / c = 600 / 300000 = 0,002$, и, следовательно, требуемая точность измерения температуры $\Delta T \approx 5 \cdot 10^{-3}$ К.

Разбалловка: за применение закона Вина – 3 балла; за применение формулы Доплера – 3 балла; за правильный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Существует несколько причин, из-за которых возможность наблюдать тот или иной астрономический объект периодически пропадает. Самый распространенный случай – объект находится недалеко от эклиптики и каждый год на некоторое время оказывается недалеко от Солнца (при этом его наблюдения, естественно, практически невозможны). Наблюдению слабых объектов может мешать также находящаяся недалеко на небе Луна. Однако во всех подобных случаях период недоступности для наблюдений заведомо не превышает год, а в рассматриваемом случае наблюдения не проводились почти полвека.

Еще один возможный вариант – вспыхивающий объект с большим интервалом времени между вспышками. Однако если между вспышками объект не наблюдался, то это означает, что его блеск во время вспышки возрастал более чем на 10^m (проницающая способность телескопов в начале XX века доходила до 20^m), что возможно только для вспышек Новых (которые не повторяются раз в несколько десятков лет).

Остается только один вариант – наш белый карлик должен быть компонентом двойной системы, второй компонент которой намного ярче. Тогда возможна ситуация, при которой белый карлик можно будет наблюдать только тогда, когда он окажется в апоастре своей орбиты (и отойдет на максимально возможное расстояние от напарника).

Именно так и было, поскольку первый обнаруженный белый карлик – это Сириус В, рядом с которым находится намного более яркий Сириус А.

Разбалловка: за каждое обоснованное предположение (не более 3) – по 2 балла; за выбор правильного предположения с обоснованием – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Освещенность (а, следовательно, и звездная величина), создаваемая Луной на Земле, зависит от расстояния Луна-Земля и количества отраженного Луной света, которое определяется площадью отражающей поверхности, альбедо и количеством падающего на Луну солнечного света, зависящего от расстояния Солнце-Луна. Поскольку иное не оговорено в условиях задачи, то расстояния от Луны до Земли и до Солнца явно можно считать неизменными. Площадь Луны также не изменилась. Тогда всё изменение освещенности связано только с изменением альбедо. Чем большую часть света Луна отражает, тем больше освещенность, создаваемая Луной. Таким образом, освещенность увеличится в $0,18/0,07 \approx 2,5$ раза.

Известно, что изменению освещенности в 2,5 раза соответствует изменение звездной величины на 1 m . Так как Луна при этом станет ярче, то звездная величина уменьшится на 1 m .

Разбалловка: за расчет изменения освещенности – 4 балла; за расчет изменения звездной величины – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Известно, что предельное угловое разрешение интерферометра (в радианах) можно оценить как $\beta = 1,22 \lambda / D$, где λ – рабочая длина волны, D – база интерферометра.

Угловые размеры черной дыры в центре Галактики можно получить как $\alpha = 2R/r$, где R – радиус дыры, r – расстояние до нее.

Радиус черной дыры (гравитационный радиус) зависит от ее массы M как $R = 2GM/c^2$, где G – гравитационная постоянная, c – скорость света. Это выражение можно получить, считая, что параболическая скорость на поверхности черной дыры равна световой. Таким образом, условие задачи ($\alpha > \beta$) означает, что: $(4GM/c^2 r) > (\lambda/D)$.

Отсюда выражаем $\lambda < (4GMD/c^2 r)$ и, подставляя численные данные, получаем $\lambda < 3$ см.

Разбалловка: за формулу для β – 3 балла; за формулу для R – 3 балла; за правильный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Так как звезды расположены в вершинах равностороннего треугольника, то можно считать, что результирующая гравитационная сила, действующая на каждую звезду направлена в сторону барицентра системы, которая в данном случае совпадает и с геометрическим центром системы. Тогда можно определить расстояние от каждой из звезд до барицентра – оно составляет $a = r/\sqrt{3}$, где $r = 1$ а.е. – сторона равностороннего треугольника.

Силы, с которыми первая звезда притягивается ко второй и к третьей равны между собой по модулю: $F_0 = Gm^2/r^2$. Однако направлены они в разные стороны под углом 60° .

После определения равнодействующей этих двух сил получается, что она направлена к барицентру, а по модулю составляет $F = 2F_0 \cos 30^\circ = F_0 \sqrt{3}$, т.е. можно полагать, что в барицентре расположен виртуальный притягивающий центр с массой, равной $M_0 = \sqrt{3} m/3$, расположенной на расстоянии a от каждой звезды.

Условие неизменности взаимного расположения звезд может быть выполнено только в случае движения звезд по круговым орбитам. Такое движение возможно только с круговой скоростью, т.е. с первой космической скоростью, равной, равной $v_1 = \sqrt{GM_0/a}$.

Тогда, подставляя найденные выше величины, получаем:

$$v = \sqrt{\frac{Gm}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 10^{30}}{1,5 \cdot 10^{11}}} \cong 3 \cdot 10^4 \text{ (м/с)} = 30 \text{ (км/с)}.$$

Разбалловка: за определение расстояния до барицентра – 2 балла; за определение равнодействующей сил, действующих на одну звезду – 2 балла; за определение массы центра – 2 балла, за нахождение скорости – 2 балла.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.