

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ПО АСТРОНОМИИ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по проведению школьного и муниципального этапов
всероссийской олимпиады школьников по астрономии
в 2014/2015 учебном году

Москва 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	3
2. Характеристика содержания школьного и муниципального этапов	3
3. Общие принципы разработки заданий	6
4. Вопросы по астрономии, рекомендуемые центральной предметно-методической комиссией Всероссийской Олимпиады по астрономии для подготовки школьников к решению задач этапов Олимпиады	9
5. Примеры заданий школьного и муниципального этапа	14
6. Специфика и материально-техническое обеспечение школьного и муниципального этапов олимпиады по астрономии	21
7. Процедура проведения школьного и муниципального этапов	22
8. Процедура оценивания решений и подведения итогов	23
9. Процедура отбора участников на следующие этапы	24
10. Список литературы	25
11. Информация об олимпиаде в сети Интернет	26
12. Справочная информация, подлежащая раздаче вместе с условиями заданий	26

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические рекомендации подготовлены Центральной методической комиссией по астрономии Всероссийской олимпиады школьников и направлены для разъяснения соответствующим методическим комиссиям и жюри общих принципов проведения и составления заданий и проведении школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2014/2015 учебном году в субъектах Российской Федерации.

Школьный и муниципальный этапы проводятся в строгом соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1252 от 18 ноября 2013 г.

Данный материал содержит сведения о характеристике школьного и муниципального этапов олимпиады по астрономии, структуре и тематике заданий, условиям проведения этого этапа, материально-техническому обеспечению, а также системе оценивания и процедуре определения победителей и призеров школьного и муниципального этапов.

Методическая комиссия по астрономии желает организаторам успехов в проведении школьного этапа олимпиады. По любым вопросам, связанным с данным этапом, можно обратиться по электронной почте к заместителю председателя Центральной предметно-методической комиссии Угольникову Олегу Станиславовичу по адресу ougolnikov@gmail.com, тел. (916)-391-73-00.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ

В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, школьный этап олимпиады проводится на базе учреждений общего образования в период с 1 сентября по 15 октября 2014 года. Данный этап проводится в один аудиторный тур в течение одного дня, общего для всех образовательных учреждений, подчиненных органу местного самоуправления, осуществляющему управление в сфере образования. К участию в этапе допускаются все желающие, проходящие обучение в данном образовательном учреждении в 5-11 классах. Любое ограничение списка участников по каким-либо критериям (успеваемость по различным предметам, результаты выступления на олимпиадах прошлого года и т.д.) является нарушением Порядка проведения Всероссийской олимпиады школьников и **категорически запрещается**. В соответствии с пунктом 10 Порядка

проведении олимпиады, **категорически запрещается** взимание платы за участие в олимпиаде.

Школьный этап независимо проводится в пяти возрастных параллелях: 5-6, 7-8, 9, 10 и 11 классы. В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады, участник вправе выполнять задания за более старший класс. В этом случае он должен быть предупрежден, что в случае квалификации в список участников последующих этапов Всероссийской олимпиады он будет выступать там в той же старшей параллели.

По ходу школьного этапа участникам предлагается комплект из шести заданий, подготовленных отдельно для каждой из возрастных параллелей. Для параллели 5-6 класса число заданий уменьшается до четырех. Часть заданий может быть общей для нескольких возрастных параллелей, однако конкурс и подведение итогов должны быть отдельными. Задания для школьного этапа разрабатываются муниципальной предметно-методической комиссией, формируемым органом местного самоуправления образованием, и являются общими для всех образовательных учреждений, подконтрольных данному органу. Основные принципы формирования комплекта заданий описаны в части 3 настоящих рекомендаций.

Решение заданий проверяется жюри, формируемым организатором олимпиады - органом местного самоуправления, осуществляющим управление в сфере образования. На основе протокола заседания жюри формируется список победителей и призеров школьного этапа. Полный протокол олимпиады с указанием оценок всех участников (не только победителей и призеров!) передаются в орган местного самоуправления, осуществляющий управление в сфере образования.

На основе протоколов школьного этапа по всем образовательным учреждениям орган местного самоуправления устанавливает проходной балл - минимальную оценку на школьном этапе, необходимую для участия в муниципальном этапе. Данный проходной балл устанавливается отдельно в возрастных параллелях 7-8, 9, 10 и 11 классов и может быть разным для этих параллелей. На основе этих баллов, а также списков победителей и призеров муниципального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2013/2014 учебного года, формируется список участников муниципального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2014/2015 учебного года.

В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, муниципальный этап проводится в ноябре - декабре 2014 г. (не позднее 25 декабря 2014 г.). Муниципальный этап проводится одновременно во всех районах, входящих в данный субъект Российской Федерации.

Организатором олимпиады вновь является орган местного самоуправления, осуществляющий управление в сфере образования. Схема проведения муниципального этапа во многом аналогична схеме проведения школьного этапа.

К участию в муниципальном этапе допускаются школьники, выступавшие на школьном этапе в параллелях 7-8, 9, 10 и 11 классах и набравшие там количество баллов, не менее установленного организатором олимпиады для отбора на муниципальный этап. В нем также принимают участие победители и призеры муниципального этапа прошлого года, продолжающие обучение в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по программам основного общего и среднего общего образования.

Муниципальный этап проводится в возрастных параллелях 7-8, 9, 10 и 11 классов. Участники, выступавшие на школьном этапе в более старшей параллели по отношению к своему классу обучения, продолжают выступать в этой параллели и на муниципальном этапе. Участники, не выступавшие на школьном этапе, но имеющие право выступать на муниципальном этапе как победители или призеры муниципального этапа прошлого года, имеют право выступать в более старшей параллели, но должны быть предупреждены, что будут выступать только в этой параллели и на последующих этапах.

По ходу муниципального этапа участникам предлагается комплект из шести заданий, подготовленных отдельно для каждой из возрастных параллелей. Часть заданий может быть общей для нескольких возрастных параллелей, однако конкурс и подведение итогов должны быть отдельными. Задания для муниципального этапа разрабатываются региональными предметно-методическими комиссиями, формируемыми органами управления образованием субъекта Российской Федерации, и являются общими для всего субъекта РФ. Основные принципы формирования комплекта заданий описаны в части 3 настоящих рекомендаций.

Решение заданий проверяется жюри, формируемым организатором олимпиады - органом местного самоуправления, осуществляющим управление в сфере образования. На основе протокола заседания жюри формируется список победителей и призеров муниципального этапа. Полный протокол олимпиады с указанием оценок всех участников (не только победителей и призеров!) передаются в орган управления образованием субъекта Российской Федерации.

На основе протоколов муниципального этапа по всем образовательным учреждениям орган местного самоуправления устанавливает проходной балл - минимальную оценку на школьном этапе, необходимую для участия в региональном этапе. Данный проходной балл устанавливается отдельно в возрастных параллелях 9, 10 и 11 классов и может быть разным для этих параллелей. На основе этих баллов, а также списков победителей и призеров регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2013/2014 учебного года,

формируется список участников регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2014/2015 учебного года.

3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ЗАДАНИЙ

Школьный и муниципальный этапы Всероссийской олимпиады школьников являются ее первыми этапами. Их цель состоит в популяризации астрономических знаний среди широкого круга учащихся, укрепление системы школьного астрономического образования.

Основные принципы, в соответствии с которыми формируются задания того или иного этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии, описаны в книге «Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году» (автор-составитель О.С. Угольников, Федеральное Агентство по образованию РФ, АПКИППРО, 2006). В 2014/2015 учебном году методические рекомендации по составлению заданий олимпиады составлены в соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, принятым Министерством Образования и Науки Российской Федерации (приказ №1252 от 18 ноября 2009 года).

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится среди школьников 5-11 классов в пяти возрастных параллелях: 5-6, 7-8, 9, 10 и 11 классы. В параллелях 7-8, 9, 10 и 11 классов результаты школьного этапа являются основой для отбора участников следующего, муниципального этапа Всероссийской олимпиады. Муниципальный этап проводится в параллелях 7-8, 9, 10 и 11 классов. Его результаты в 9, 10 и 11 классах являются основой для отбора участников регионального этапа Всероссийской олимпиады.

Задания школьного и муниципального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии составляются на основе Списка вопросов, рекомендуемых методической комиссией Всероссийской олимпиады школьников по астрономии при подготовке к этапам олимпиады (см часть 4 настоящих рекомендаций). Данный список разработан для 9, 10 и 11 классов. При составлении заданий для 5-6 и 7-8 классов используется тематика первых пунктов Списка вопросов вместе с основными начальными астрономическими понятиями и фактами, входящими в программу курса естествознания.

Для каждой из возрастных параллелей должен быть предложен свой комплект заданий, при этом некоторые задания могут входить в комплекты по нескольким возрастным параллелям (как в идентичной, так и в отличающейся формулировке). Допускается использование некоторых заданий для нескольких возрастных параллелей, при этом составление итоговой рейтинговой таблицы, и подведение итогов в этих параллелях

проводится отдельно. Первые 4 (наиболее легкие) задания для параллели 7-8 класса на школьном этапе можно использовать как комплект для 5-6 классов.

Исходя из целей и задач школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады по астрономии, рекомендуется предлагать школьникам 7-11 классов по 6 не связанных друг с другом заданий.

Принципы составления комплекта заданий на школьный этап (муниципальная предметно-методическая комиссия) и муниципальный этап (региональная предметно-методическая комиссия) во многом схожи, но отличаются некоторыми количественными параметрами (см. ниже). На первом этапе составления заданий необходимо создать базу, содержащую примерно вдвое большее число заданий-кандидатов, чем это требуется для проведения этапа Олимпиады. Задания школьного этапа проходят независимую экспертизу в муниципальной методической комиссии, на основе которой формируется более узкий комплект, который проходит повторную экспертизу в муниципальной методической комиссии. Для подготовки заданий муниципального этапа формирование базы и экспертиза осуществляются региональной предметно-методической комиссией.

На втором этапе все задания, отобранные в предварительный комплект, проходят методическую проверку, в ходе которой каждому заданию присваивается пункт из Списка вопросов (пункт 4 настоящих рекомендаций), соответствующий тематике задания, а также категория сложности (1 или 2). Категория 1 присваивается заданиям, имеющим односложную структуру решения, связанную с применением одного-двух астрономических фактов или физических законов. Задания категории 2 имеют многоэтапное решение, требующее последовательное применение нескольких фактов и законов и математического аппарата. Комплекты заданий школьного и муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии должны характеризоваться следующим распределением заданий по сложности:

Школьный этап	Возрастная параллель				
	5-6 кл.	7-8 кл.	9 кл.	10 кл.	11 кл.
Задание 1	1	1	1	1	1
Задание 2	1	1	1	1	1
Задание 3	1	1	1	1	1
Задание 4	1	1	1	1	1
Задание 5	-	1	1	2	2
Задание 6	-	2	2	2	2

Муниципальный этап					
Задание 1	-	1	1	1	1
Задание 2	-	1	1	1	1
Задание 3	-	1	1	1	1
Задание 4	-	1	1	2	2
Задание 5	-	2	2	2	2
Задание 6	-	2	2	2	2
Вопросы	§1	§1	§1	§1,2	§1,2,3

Комплект заданий в каждой возрастной параллели должен также характеризоваться методической полнотой: все 6 заданий должны соответствовать *разным* пунктам списка вопросов по астрономии (пункт 4 настоящих рекомендаций). В параллелях 5-6, 7-8 и 9 класса эти вопросы должны относиться к §1 этого списка. В комплект 10 класса можно включить 2-3 задачи, связанные с вопросами §2, в комплект 11 класса - по два задания, связанные с §2 и §3. Система оценивания заданий должна быть идентичной (8-балльной) для всех заданий, независимо от их темы и уровня сложности.

Задания школьного и муниципального этапов должны иметь теоретический характер, не требовать для своего решения каких-либо астрономических приборов и электронно-вычислительных средств (за исключением непрограммируемых калькуляторов). Задания должны выполняться в аудитории, без выхода на улицу.

Для каждого задания, разработанного для школьного и муниципального этапа, муниципальная либо региональная предметно-методическая должна разработать подробное решение с учетом всех возможных способов, а также рекомендации по оцениванию решения участниками в том случае, если задание решено не полностью. Процедура оценивания решений и подведения итогов описана в части 8 настоящих рекомендаций.

Часть 5 настоящих рекомендаций содержит примеры заданий, соответствующих разным вопросам списка с разным с разным уровнем сложности. Данные задания могут использоваться как образец для составления комплекта школьного и муниципального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии с учетом приведенных выше рекомендаций, но *не могут* включаться в эти комплекты напрямую.

4. ВОПРОСЫ ПО АСТРОНОМИИ,

рекомендуемые центральной предметно-методической комиссией Всероссийской Олимпиады по астрономии для подготовки школьников к решению задач этапов Олимпиады

§1. 9 класс и моложе.

1.1. Звездное небо.

Созвездия и ярчайшие звезды неба: названия, условия видимости в различные сезоны года.

1.2. Небесная сфера.

Суточное движение небесных светил на различных широтах. Восход, заход, кульминация. Горизонтальная и экваториальная система координат, основные круги и линии на небесной сфере. Высота над горизонтом небесных светил в кульминации. Высота полюса Мира. Изменение вида звездного неба в течение суток. Подвижная карта звездного неба. Рефракция (качественно). Сумерки: гражданские, навигационные, астрономические. Понятия углового расстояния на небесной сфере и угловых размеров объектов.

1.3. Движение Земли по орбите.

Видимый путь Солнца по небесной сфере. Изменение вида звездного неба в течение года. Эклиптика, понятие полюса эклиптики и эклиптической системы координат. Зодиакальные созвездия. Прецессия, изменение экваториальных координат светил из-за прецессии.

1.4. Измерение времени.

Тропический год. Солнечные и звездные сутки, связь между ними. Солнечные часы. Местное, поясное время. Истинное и среднее солнечное время, уравнивание времени. Звездное время. Часовые пояса и исчисление времени в нашей стране; декретное время, летнее время. Летоисчисление. Календарь, солнечная и лунная система календаря. Новый и старый стиль.

1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения.

Форма орбит: эллипс, парабола, гипербола. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси, эксцентриситет. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера (включая обобщенный третий закон Кеплера). Первая и вторая космические скорости. Круговая скорость, скорость движения в точках перигея и апогея. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения. Расчеты времени межпланетных перелетов по касательной траектории.

1.6. Солнечная система.

Строение, состав, общие характеристики. Размеры, форма, масса тел Солнечной системы, плотность их вещества. Отражающая способность (альбедо). Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Астрономическая единица. Угловые размеры планет. Сидерический, синодический периоды планет, связь между ними. Видимые движения и конфигурации планет. Наклонение орбиты, линия узлов. Прохождения планет по диску Солнца, условия наступления. Малые тела Солнечной системы. Метеороиды, метеоры и метеорные потоки. Метеориты. Орбиты планет, астероидов, комет и метеороидов. Возмущения в движении планет. Третья космическая скорость для Земли и других тел Солнечной системы.

1.7. Система Солнце - Земля - Луна.

Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Синодический, сидерический, аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Покрытия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.

1.8. Оптические приборы.

Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений (бинокль, фотоаппарат, линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы). Построение изображений протяженных объектов в фокальной плоскости. Угловое увеличение, масштаб изображения. Крупнейшие телескопы нашей страны и мира.

1.9. Шкала звездных величин.

Представление о видимых звездных величинах различных астрономических объектов. Решение задач на звездные величины в целых числах. Зависимость яркости от расстояния до объекта.

1.10. Электромагнитные волны.

Скорость света. Различные диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и частоты видимого света. Радиоволны.

1.11. Общие представления о структуре Вселенной.

Пространственно-временные масштабы Вселенной. Наша Галактика и другие галактики, общее представление о размерах, составе и строении.

1.12. Измерения расстояний в астрономии.

Внесистемные единицы в астрономии (астрономическая единица, световой год, парсек, килопарсек, мегапарсек). Методы радиолокации, суточного и годичного параллакса. Абберация света.

1.13. Дополнительные вопросы.

Дополнительные вопросы по математике: Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором. Единицы измерения углов: градус и его части, радиан, часовая мера. Понятие сферы, большие и малые круги. Формулы для синуса и тангенса малого угла. Решение треугольников, теоремы синусов и косинусов. Элементарные формулы тригонометрии.

Дополнительные вопросы по физике: Законы сохранения механической энергии, импульса и момента импульса. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Геометрическая оптика, ход лучей через линзу.

§2. 10 класс.

2.1. Шкала звездных величин.

Звездная величина, ее связь с освещенностью. Формула Погсона. Связь видимого блеска с расстоянием. Абсолютная звездная величина. Изменение видимой яркости планет и комет при их движении по орбите.

2.2. Звезды, общие понятия.

Основные характеристики звезд: температура, радиус, масса и светимость. Законы излучения абсолютно черного тела: закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина. Понятие эффективной температуры.

2.3. Классификация звезд.

Представление о фотометрической системе UBVR, показатели цвета. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела). Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.

2.4. Движение звезд в пространстве.

Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и принципы ее измерения. Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Апекс.

2.5. Двойные и переменные звезды.

Затменные переменные звезды. Спектрально-двойные звезды. Определение масс и размеров звезд в двойных системах. Внесолнечные планеты. Пульсирующие переменные звезды, их типы, кривые блеска. Зависимость «период-светимость» для цефеид. Долгопериодические переменные звезды. Новые звезды.

2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления.

Возраст, физические свойства скоплений и особенности входящих в них звезд. Основные различия между рассеянными и шаровыми скоплениями. Диаграммы «цвет-светимость» для звезд скоплений. Движения звезд, входящих в скопление. Метод «группового параллакса» определения расстояния до скопления.

2.7. Солнце.

Основные характеристики, общее представление о внутреннем строении и строении атмосферы. Характеристики Солнца как звезды, солнечная постоянная. Солнечная активность, циклы солнечной активности. Магнитные поля на Солнце. Солнечно-земные связи.

2.8. Ионизованное состояние вещества.

Понятие об ионизованном газе. Процессы ионизации и рекомбинации. Общее представление об ионах в атмосфере Земли и межпланетной среде. Магнитное поле Земли. Полярные сияния.

2.9. Межзвездная среда.

Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны и влияние на звездные величины и цвет звезд. Газовые и диффузные туманности. Звездообразование. Межзвездное магнитное поле.

2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способность.

Предельное угловое разрешение и проникающая способность. Размеры дифракционного изображения, ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов.

2.11. Дополнительные вопросы.

Дополнительные вопросы по математике: площадь поверхности и сферы, объем шара.

Дополнительные вопросы по физике: Газовые законы. Понятие температуры, тепловой энергии газа, концентрации частиц и давления. Основы понятия спектра, дифракции света.

§3. 11 класс.

3.1. Основы теории приливов.

Приливное воздействие. Понятие о радиусе сферы Хилла, полости Роша. Точки либрации.

3.2. Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды.

Рассеяние и поглощение света в атмосфере Земли, в межпланетной и межзвездной среде, зависимость поглощения от длины волны. Атмосферная рефракция, зависимость от высоты объекта, длины волны света.

3.3. Законы излучения.

Интенсивность излучения. Понятие спектра. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Приближения Релея-Джинса и Вина, области их применения. Распределение энергии в спектрах различных астрономических объектов.

3.4. Спектры звезд.

Основы спектрального анализа. Линии поглощения в спектрах звезд, спектральная классификация. Атмосферы Солнца и звезд. Фотосфера и хромосфера Солнца.

3.5. Спектры излучения разреженного газа.

Представление о спектрах солнечной короны, планетарных и диффузных туманностей, полярных сияний.

3.6. Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд.

Ядерные источники энергии звезд, запасы ядерной энергии. Выделение энергии при термоядерных реакциях. Образование химических элементов в недрах звезд различных типов, в сверхновых звездах (качественно).

3.7. Эволюция Солнца и звезд.

Стадия гравитационного сжатия при образовании звезды. Время жизни звезд различной массы. Сверхновые звезды. Поздние стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Гравитационный радиус. Пульсары.

3.8. Строение и типы галактик.

Наша Галактика. Ближайшие галактики. Расстояние до ближайших галактик. Наблюдательные особенности галактик. Состав галактик и их физические характеристики. Вращение галактических дисков. Морфологические типы галактик. Активные ядра галактик, радиогалактики, квазары.

3.9. Основы космологии.

Определение расстояний до галактик. Сверхновые I типа. Красное смещение в спектрах галактик. Закон Хаббла. Скопления галактик. Представление о гравитационных линзах (качественно). Крупномасштабная структура Вселенной. Реликтовое излучение и его спектр.

3.10. Приемники излучения и методы наблюдений.

Элементарные сведения о современных методах фотометрии и спектроскопии. Фотоумножители, ПЗС-матрицы. Использование светофильтров. Прием радиоволн. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров.

3.11. Дополнительные вопросы.

Дополнительные вопросы по математике: основы метода приближенных вычислений и разложений в ряд. Приближенные формулы для $\cos x$, $(1+x)^n$, $\ln(1+x)$, e^x в случае малых x .

Дополнительные вопросы по физике: Элементы специальной теории относительности. Релятивистская формула для эффекта Доплера. Гравитационное красное смещение. Связь массы и энергии. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон). Квантовые и волновые свойства света. Энергия квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Спектр атома водорода. Космические лучи. Понятие об интерференции и дифракции.

5. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА

Предлагаемые ниже задания являются характерными примерами задач категорий 1 и 2, которые могут использоваться при составлении комплектов школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады по астрономии по схеме, описанной в части 3 настоящих рекомендаций. Задачи-примеры сгруппированы в соответствии с §1, 2 и 3 списка вопросов, приведенного части 4 настоящих рекомендаций. Задачи, соответствующие §1, можно использовать во всех параллелях, §2 - в 10 и 11 классе, §3 - только в 11 классе. Задачи **не предназначены** для прямого включения в комплект этапов олимпиады 2014/2015 учебного года.

Задачи приведены с полными решениями и рекомендациями для жюри по оцениванию. Подобным образом в документах для жюри школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады по астрономии должны быть представлены все задачи, которые войдут в комплект для этих этапов.

5.1. Задачи на темы §1.

Задание 1.1. (пункт списка вопросов - 1.1, категория сложности - 1).

Условие. Назовите три самых ярких небесных светила на нашем небе.

Решение. В задании требуется указать три абсолютно самых ярких светила в небе Земли, вне зависимости от типов этих небесных объектов. Самым ярким светилом неба, вызывающим на Земле смену дня и ночи, является Солнце. Второе по яркости светило может также легко наблюдаться днем, а на ночном небе оно превосходит по яркости все остальные светила, вместе взятые. Это - единственный естественный спутник Земли Луна. Третье светило является самым ярким точечным (звездоподобным) объектом. Этот объект также может (хотя и с трудом) наблюдаться днем. Это - ярчайшая из планет Венера.

Рекомендации для жюри. Первым выводом в решении является указание Солнца как самого яркого светила неба. Этот вывод оценивается в 2 балла. Указание Луны как второго по яркости объекта и Венеры на третьем месте оценивается еще по 3 балла.

Задание 1.2. (пункт списка вопросов - 1.10, категория сложности - 1).

Условие. На полушарии Солнца, обращенном к Земле, произошла мощная вспышка. Через какое время она сможет быть зафиксирована на Земле? Считать, что вспышка имела мгновенный характер.

Решение. Сама вспышка считается мгновенной, но для ее фиксации на Земле необходимо, чтобы до Земли дошло излучение вспышки. Излучение движется со скоростью света c , равной 300000 км/с. Расстояние от Солнца до Земли L равно 150 млн км. Время распространения света $t = L/c = 500$ секунд. Именно через такое время вспышка может быть зафиксирована на Земле.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи, прежде всего, необходимо понимание того, почему вспышка не может быть сразу же зафиксирована на Земле, это связано с конечностью скорости света. Понимание этого факта оценивается в 3 балла. Дальнейшие вычисления времени оцениваются в 5 баллов.

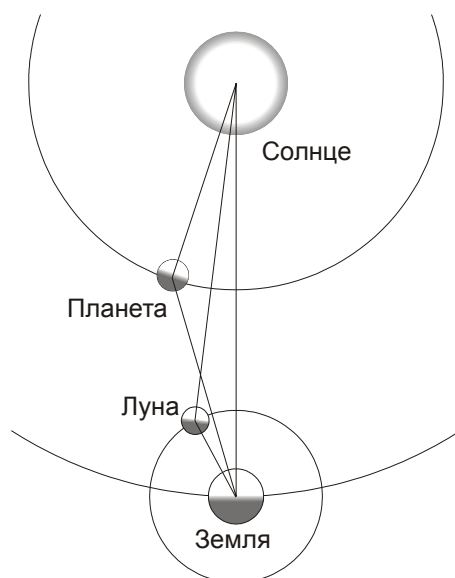
Задание 1.3. (пункт списка вопросов - 1.6, категория - 2).

Условие. Какие светила могут наблюдаться с Земли глазом или в телескоп в фазе тонкого серпа?

Решение. Как известно, большие тела Солнечной системы (планеты, крупные спутники планет) имеют форму, близкую к сферической. Выглядеть как серп они могут в том случае, если большая часть их полушария, обращенного к Земле, не освещена Солнцем. Самый известный пример - Луна, когда она располагается чуть ближе к Солнцу, чем Земля (см. рисунок).

Так же в виде серпа могут выглядеть и некоторые планеты. Но, как видно из рисунка, эти планеты должны располагаться ближе к Солнцу, чем Земля. Таких планет в Солнечной системе две - Меркурий и Венера.

Другие тела Солнечной системы, которые могут оказаться внутри орбиты Земли - мелкие астероиды - в расчет не берутся, так как даже при наблюдении в телескоп с Земли они выглядят точечными объектами, и их фаза незаметна. Итак, ответ задания - Луна, Меркурий и Венера.



Рекомендации для жюри. Основой решения задачи является понимание, в каком случае небесный объект может выглядеть в форме серпа. Этот этап решения оценивается в 2 балла. Указание Луны, Меркурия и Венеры в качестве ответов оценивается по 2 балла. Вывод о том, что в этот список не нужно добавлять астероиды внутри орбиты, не является строго обязательным.

Задание 1.4. (пункт списка вопросов - 1.3, категория сложности - 2).

Условие. 20 марта 2015 года на Северном полюсе Земли произойдет полное солнечное затмение. На какой высоте над горизонтом оно будет там наблюдаться?

Решение. Как можно понять уже по самому названию астрономического явления, полное солнечное затмение наблюдается на диске дневного светила - Солнца. Поэтому для ответа на задачу нужно определить высоту Солнца над горизонтом в момент затмения в данном пункте Земли.

Обратим внимание, что затмение произойдет 20 марта, фактически в день весеннего равноденствия. В это время Солнце располагается на небесном экваторе, его склонение равно нулю. В пункте наблюдения - на Северном полюсе, широта равна $+90^\circ$ - небесный экватор совпадает с горизонтом. Высота Солнца, как и его склонение, будет равна нулю. Затмение будет наблюдаться на горизонте.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи нужно сделать вывод о том, что затмение наблюдается вблизи весеннего равноденствия. Данный вывод оценивается в 4 балла. Вычисление высоты Солнца в этот день на Северном полюсе оценивается еще в 4 балла. Участники олимпиады могут учесть атмосферную рефракцию и сделать вывод, что Солнце

будет чуть выше горизонта (высота менее 1°). Такой ответ также считается правильным и оценивается в полной мере.

5.2. Задачи на темы §2.

Задание 2.1. (пункт списка вопросов - 2.1, категория сложности - 1).

Условие. Что ярче - одна звезда первой величины или две звезды второй величины?

Решение. Шкала звездных величин такова, что яркость звезды с величиной m в 2.512 раз больше яркости звезды с величиной $(m+1)$. Поэтому одна звезда первой величины ярче двух звезд второй величины.

Рекомендации для жюри. Для решения задания участник олимпиады должен представлять себе шкалу звездных величин и ее свойства. Это оценивается в 4 балла. Окончательный вывод оценивается еще в 4 балла.

Задание 2.2. (пункт списка вопросов - 2.8, категория сложности - 1).

Условие. Как известно, полярные сияния возникают в верхней атмосфере Земли при воздействии частиц солнечного ветра. Почему тогда их можно наблюдать в условиях полярной ночи, когда даже верхняя атмосфера не освещена Солнцем?

Решение. Если бы траектория частиц солнечного ветра была прямой линией, то, как и солнечный свет, они не попадали бы в зимнюю полярную атмосферу, находящуюся в глубокой тени Земли. Но эти частицы имеют электрический заряд, и их траектория искривляется в магнитном поле Земли. За счет этого они попадают в верхнюю атмосферу ночью, особенно вблизи магнитных полюсов Земли, вызывая там полярные сияния.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участник олимпиады должен указать два важных фактора. Первый - частицы солнечного ветра имеют электрический заряд. Второй - Земля обладает магнитным полем, и движение заряженных частиц вблизи нашей планеты происходит не по прямой линии. Указание каждого из факторов оценивается по 3 балла. Окончательный вывод оценивается еще в 2 балла.

Задание 2.3. (пункт списка вопросов - 2.2, категория сложности - 2).

Условие. Поверхность звезды А вдвое горячее поверхности звезды В, но вдвое меньше ее по размерам. Какая звезда ближе к нам и во сколько раз, если в небе Земли эти звезды одинаково ярки?

Решение. По закону Стефана-Больцмана, светимость звезды J пропорциональна $R^2 T^4$, где R и T - радиус и температура звезды. Яркость звезды, видимая на Земле, пропорциональна J/L^2 , где L - расстояние от Земли до звезды. Из условия задачи имеем:

$$\frac{R_A^2 T_A^4}{L_A^2} = \frac{R_B^2 T_B^4}{L_B^2}; \quad \frac{R_A T_A^2}{L_A} = \frac{R_B T_B^2}{L_B}.$$

Кроме этого, известно, что $T_A = 2T_B$, а $R_A = R_B/2$. Подставляя это в предыдущее уравнение, получаем, что $L_A = 2L_B$. Звезда А находится вдвое дальше от Земли, чем звезда В.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники должны представлять, как зависит светимость звезды от ее радиуса и температуры, что оценивается в 3 балла. Связь видимой яркости со светимостью и расстоянием оценивается в 2 балла. Оба этих выражения могут быть записаны как в виде пропорций, так и формул с константами, оба подхода считаются верными. Возможна прямая запись выражения для видимой яркости звезды, объединяющая первые два этапа решения, за что выставляются те же 5 баллов. Подстановка известных соотношений радиусов и температур звезд и запись окончательного ответа оценивается в 3 балла.

Задание 2.4. (пункт списка вопросов - 2.10, категория сложности - 2).

Условие. Компоненты двойной системы одинаковы по своим физическим свойствам и располагаются друг от друга на том же расстоянии, что и Солнце и Юпитер. С какого максимального расстояния эту пару можно различить в телескоп с диаметром объектива 10 см?

Решение. Определим минимальное угловое расстояние между звездами, при котором их можно будет различить в телескоп с диаметром объектива D :

$$\alpha'' = \frac{14 \text{ см}}{D}.$$

Для диаметра объектива 10 см мы получаем 1.4". Так как нам нужно определить максимально возможное расстояние до звездной пары, будем считать, что соединяющая их линия перпендикулярна лучу зрения и находится в картинной плоскости. Максимальное расстояние, с которого звезды могут быть разрешены в телескоп, равно

$$L(n\kappa) = \frac{d(a.e.)}{\alpha''} \approx 4.$$

Здесь d - физическое расстояние между двумя звездами, равное 5.2 а.е. В этой формуле было учтено, что отрезок длиной 1 а.е. (радиус орбиты Земли) виден с расстояния в 1 пк под углом 1".

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники олимпиады должны записать выражение для разрешающей способности телескопа. Это может быть сделано так, как записано выше, а также в виде $\alpha = \lambda/D$ или $\alpha = 1.22 \lambda/D$, где α выражается в радианах, а λ - длина волны видимого света. Все эти подходы считаются правильными (хотя и дают слегка отличающиеся результаты) и оцениваются в 3 балла. Соотношение углового расстояния между звездами с их физическим расстоянием друг от друга и от Земли (оно также может быть записано по-разному) оценивается еще в 3 балла. Окончательный вывод оценивается еще в 2 балла.

5.3. Задачи на темы §3.

Задание 3.1. (пункт списка вопросов - 3.1, категория сложности - 1).

Условие. Ярчайшие звезды созвездия Ориона - Бетельгейзе и Ригель при наблюдении глазом имеют примерно одинаковый видимый блеск. Какая из звезд будет ярче при наблюдении с красным светофильтром, если эффективная температура Бетельгейзе - 3600 К, а Ригеля - 12000 К?

Решение. Как известно, распределение энергии в спектре звезды зависит от ее температуры. Чем холоднее звезда, тем больше длина волны максимума ее излучения, т.е. тем "краснее" сама звезда. Ригель и Бетельгейзе имеют одинаковый блеск для наблюдений глазом, имеющим наибольшую чувствительность к желто-зеленым лучам. В красной области поток энергии от горячего Ригеля будет слабее, чем в желто-зеленой, а вот у холодного Бетельгейзе в красной области поток приблизится к максимальному. Поэтому при наблюдении с красным светофильтром Бетельгейзе окажется ярче Ригеля.

Рекомендации для жюри. Основой решения задачи является представление о распределении энергии в спектрах звезд с разной температурой, которое участники должны продемонстрировать в своем решении. Наличие данного представления оценивается в 4 балла. Обоснованный вывод в решении оценивается еще в 4 балла.

Задание 3.2. (пункт списка вопросов - 3.9, категория сложности - 1)

Условие. Постоянная Хаббла составляет 72 км/с·Мпк. Считая скорости галактик постоянными во времени, оцените возраст Вселенной.

Решение. Постоянная Хаббла указывает, что за счет расширения Вселенной галактика, расположенная на расстоянии R от нас, удаляется со скоростью $v = HR$. Если считать эту скорость направленной от нас и постоянной, можно определить время, прошедшее с того момента, когда мы представляли с этой галактикой единое целое:

$$T = R / v = 1 / H.$$

Чтобы выразить это время в привычных единицах, учтем, что 1 пк содержит в себе $3 \cdot 10^{13}$ км, а 1 Мпк - $3 \cdot 10^{19}$ км. Тогда постоянная Хаббла равна $2.5 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$, а возраст Вселенной - $4 \cdot 10^{17}$ секунд или 13 миллиардов лет - значение, очень близкое к истинному.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники должны сформулировать закон Хаббла, что оценивается в 3 балла. Вывод выражения для величины возраста Вселенной (в знаковом или числовом виде) оценивается еще в 3 балла, его вычисление - в 2 балла.

Задание 3.3. (пункт списка вопросов - 3.7, категория сложности - 2).

Условие. Физическое тело с плотностью комнатного воздуха (1.2 кг/м^3) стало черной дырой. Определите его радиус.

Решение. Запишем выражение для гравитационного радиуса и преобразуем его:

$$R = \frac{2GM}{c^2} = \frac{8\pi G\rho R^3}{3c^2}.$$

Здесь M и ρ - масса и плотность тела, c - скорость света. Сокращая величину R в левой и правой части уравнения, получаем:

$$R = c \sqrt{\frac{3}{8\pi G\rho}}.$$

Радиус получается равным 10^{13} м или 70 а.е. Интересно, что подобные черные дыры (с массой более 10^9 масс Солнца) действительно существуют во Вселенной - в активных ядрах галактик.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники должны записать выражение для гравитационного радиуса, что оценивается в 4 балла. Последующее вычисление радиуса оценивается еще в 4 балла.

Задание 3.4. (пункт списка вопросов - 3.8, категория сложности - 2).

Условие. Через некоторое время наша Галактика и галактика Андромеды могут столкнуться друг с другом. Сможет ли Солнце при этом сохранить свою планетную систему?

Решение. Уже на интуитивном уровне можно понять, что столкновение двух галактик может сильно изменить их структуру, распределение газа и пыли, взаимное расположение звезд, но не повлияет на планетные системы, так как их размер существенно меньше расстояний между звездами даже в сливающихся галактиках. Этот вывод можно подтвердить и количественно. Предположим, Солнечная система с радиусом 100 а.е. или 0.0005 пк (обозначим через R) прошла через всю галактику Андромеды диаметром 50 кпк (обозначим через L). В этом пути Солнечная система вырежет цилиндр объемом $\pi R^2 L = 0.04 \text{ пк}^3$. Объемная концентрация звезд в диске галактики около одной на кубический парсек, поэтому вероятность близкого (до 100 а.е.) сближения с другой звездой, которое могло бы существенно повлиять на судьбу Солнечной системы, мала.

Рекомендации для жюри. Участники олимпиады могут получить правильный ответ на основе качественных рассуждений, что при условии их правильности должно оцениваться не менее чем 5 баллами. При наличии количественных оценок выставляются оставшиеся 3 балла.

6. СПЕЦИФИКА И МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

Школьный и муниципальный этапы Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводятся в один аудиторный тур. Эти этапы *не предусматривают* постановку каких-либо практических (в том числе внеурочных, выполняемых вне школы или в темное время суток) задач по астрономии, и их проведение *не требует* специфического оборудования (телескопов и других астрономических приборов). Этапы олимпиады по астрономии проводятся в аудиторном формате, и материальные требования для проведения олимпиады не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима.

Для проведения школьного и муниципального этапов организатор должен предоставить аудитории в достаточном количестве – каждый участник олимпиады должен выполнять задание за отдельным столом (партой).

Каждому участнику олимпиады Оргкомитет должен предоставить ручку, карандаш, линейку, резинку для стирания и пустую тетрадь со штампом Организационного комитета, а

также листы со справочной информацией, разрешенной к использованию на олимпиаде (часть 12 настоящих рекомендаций). В каждой аудитории должны быть также запасные канцелярские принадлежности и калькулятор. На время работы над решениями участнику должны быть предоставлены продукты питания (сок, печенье).

7. ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ

Школьный и муниципальный этапы Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводятся в один тур. Участники олимпиады должны быть предупреждены о необходимости прибыть к месту проведения не менее чем за 15 минут до его начала. Они приглашаются на предварительное собрание, на котором оглашаются правила проведения олимпиады, представляется состав оргкомитета и жюри. После этого участники олимпиады распределяются по аудиториям.

Для проведения этапов олимпиады Организационный комитет предоставляет аудитории в количестве, определяемом числом участников олимпиады. В течение всего тура олимпиады в каждой аудитории находится наблюдатель, назначаемый Организационным комитетом. Перед началом работы участники олимпиады пишут на обложке тетради свою фамилию, имя и отчество, номер класса и школы, район и населенный пункт.

По окончании организационной части участникам выдаются листы с заданиями, соответствующими их возрастной параллели, и листы со справочной информацией, необходимой для решения заданий (часть 12 настоящих рекомендаций). Наблюдатель отмечает время выдачи заданий. На решение заданий школьного этапа олимпиады по астрономии школьникам отводится 2 часа для участников из 5-6 классов и 3 часа для остальных участников. На решение заданий муниципального этапа олимпиады по астрономии школьникам отводится 3 часа. Участники начинают выполнять задания со второй страницы тетради, оставляя первую страницу чистой. По желанию участника он может использовать несколько последних страниц тетради под черновик, сделав на них соответствующую пометку. При нехватке места в тетради наблюдатель выдает участнику дополнительную тетрадь. По окончании работы вторая тетрадь вкладывается в первую.

Во время работы над заданиями участник олимпиады имеет право:

1. Пользоваться листами со справочной информацией, выдаваемой участникам вместе с условиями заданий.
2. Пользоваться любыми своими канцелярскими принадлежностями наряду с выданными оргкомитетом.

3. Пользоваться собственным непрограммируемым калькулятором, а также просить наблюдателя временно предоставить ему калькулятор.
4. Обращаться с вопросами по поводу условий задач, приглашая к себе наблюдателя поднятием руки.
5. Принимать продукты питания.
6. 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 переносным компьютером.
3. Пользоваться какими-либо источниками информации, за исключением листов со справочной информацией, раздаваемых 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. Запрещается одновременный выход из аудитории двух и более участников.

По окончании работы все участники покидают аудиторию, оставляя в ней тетради с решениями, и переходят в конференц-зал или большую аудиторию, где проводится заключительное собрание. Перед ними может выступить член оргкомитета и жюри с кратким разбором заданий.

Отдельное помещение для жюри должно быть предоставлено Оргкомитетом на весь день проведения олимпиады. Члены жюри должны прибыть на место проведения олимпиады за 1 час до окончания работы участников. Председатель жюри (или его заместитель) и 1-2 члена жюри должны прибыть к началу этапа и периодически обходить аудитории, отвечая на вопросы участников по условию задач.

8. ПРОЦЕДУРА ОЦЕНИВАНИЯ РЕШЕНИЙ И ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ

Для проверки решений участников школьного этапа формируется жюри, состоящее из учителей, работающих в области астрономии и смежных дисциплин (физики, математики). Допускается приглашение педагогических и научных работников из других организаций. Численность жюри должна быть не менее 1/10 от общего числа участников. Перед началом этапа жюри проводит собрание, на котором выбирает председателя, знакомится с условиями и решениями заданий и распределяет задания для проверки между собой.

Для обеспечения объективности проверки решение каждого конкретного задания в той или иной возрастной параллели должно проверяться одним и тем же членом жюри. При

достаточном составе жюри рекомендуется проводить независимую проверку решения каждого задания двумя (одними и теми же) членами жюри с усреднением оценки и проведении обсуждения, если оценки двух членов жюри различаются более чем на 2 балла.

Решение каждого задания оценивается по 8-балльной системе. Большая часть из этих 8 баллов (не менее 4-5) выставляется за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения. Оставшиеся баллы выставляются за правильность расчетов, аккуратную и полную подачу ответа. При выставлении оценки жюри учитывают рекомендации, разработанные составителями для каждой отдельной задачи.

Максимальная оценка за каждое задание одинакова и не зависит от темы, освещаемой в задании, и категории сложности. Таким образом, достигается максимальная независимость результатов муниципального этапа олимпиады от конкретных предпочтений каждого школьника по темам в курсе астрономии и смежных дисциплин.

Суммарная оценка за весь этап составляет 32 балла для 5-6 классов на школьном этапе и 48 баллов для других участников школьного и муниципального этапов. На основе протоколов школьного или муниципального этапа жюри присуждает дипломы победителей и призеров данного этапа. Минимальное число набранных баллов, необходимое для присуждения дипломов может отличаться для разных возрастных параллелей. При определении этого числа жюри должно принимать во внимание особенности распределения участников по набранным баллам. Для уменьшения влияния случайных факторов на результаты олимпиады нельзя устанавливать это число, к примеру, равным 24 баллам при наличии участников в этой же возрастной группе, набравших 23 балла. Жюри также должно исходить из того, что победители олимпиады должны набрать около 70%, а призеры - около 50% от максимального числа баллов.

Протоколы школьного и заключительного этапов олимпиады публикуются на сайте соответственно школы и органа местного самоуправления, осуществляющего управление в сфере образования.

9. ПРОЦЕДУРА ОТБОРА УЧАСТНИКОВ НА СЛЕДУЮЩИЕ ЭТАПЫ

По окончании школьного или муниципального этапа протоколы с результатами во всех школах муниципального образования (для школьного этапа) или во всех муниципальных образованиях региона РФ (для муниципального этапа) сводятся в единую базу данных. Ответственность за создание и хранение базы, а также неразглашение личных данных участников осуществляет орган местного самоуправления в сфере образования (для школьного этапа) и орган управления образованием субъекта РФ (для муниципального

этапа). В базе данных указываются фамилия, имя и отчество участника, класс (возрастная параллель), в которой выступал участник, количество набранных баллов, а также наличие диплома победителя или призера следующего этапа олимпиады прошлого года. В базу включаются **все участники**, а не только победители и призеры данного этапа.

На основе данной базы организатор следующего (муниципального или регионального) этапа определяет минимальное количество баллов, необходимое для участия в муниципальном либо региональном этапе. Это количество должно быть не более 50% от максимального числа баллов на предыдущем этапе, т.е. **не более 24 баллов**, вне зависимости от решений по вручению дипломов победителей и призеров предыдущего этапа. В случае небольшого числа участников или невысоких оценок это число может быть уменьшено. В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады, к участию в муниципальном (региональном) этапе автоматически допускаются победители и призеры муниципального (регионального) этапа олимпиады прошлого года.

10. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.В. Кононович, В.И. Мороз. Курс общей астрономии. Москва, 2002.
2. П.Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии. Москва, УРСС, 2002.
- Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия. Москва, «Аванта+», 2004.
3. В.Г. Сурдин. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. Москва, МГУ, 1995.
4. В.В. Иванов, А.В. Кривов, П.А. Денисенков. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, СПбГУ, 1997.
5. М.Г. Гаврилов. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. Черноголовка-Москва, 1998.
6. В.Г. Сурдин. Астрономические задачи с решениями. Москва, УРСС, 2002.
7. Московские астрономические олимпиады. 1997-2002. Под редакцией О.С. Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2002.
8. Московские астрономические олимпиады. 2003-2005. Под редакцией О.С. Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2005.
9. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии. Авт-сост. А.В. Засов, А.С. Расторгуев, В.Г. Сурдин, М.Г. Гаврилов, О.С. Угольников, Б.Б. Эскин. Москва, АПК и ППРО, 2005.
10. О.С. Угольников. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году. Москва, АПК и ППРО, 2006.

11. ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОЛИМПИАДЕ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

1. Портал Всероссийской олимпиады школьников – <http://www.rosolymp.ru>.
2. Сайт Всероссийской олимпиады школьников по астрономии – <http://www.astroolymp.ru>.

12. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ПОДЛЕЖАЩАЯ РАЗДАЧЕ ВМЕСТЕ С УСЛОВИЯМИ ЗАДАНИЙ

Ниже приведен перечень справочных данных, которые считаются известными при решении заданий всех этапов Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. Эти справочные данные подлежат раздаче участникам олимпиады в полном объеме на региональном и заключительном этапах олимпиады. На школьном и муниципальном этапе справочные данные могут раздаваться в частичном объеме. В этом случае выделяется та информация и численные параметры, которые оказываются необходимыми для решения тех задач, которые входят в комплект текущего этапа олимпиады (во всех возрастных параллелях). Исключение справочных данных, входящих в приводимый список и имеющих отношение хотя бы к одной из задач, предлагаемых в комплекте, недопустимо.

§1. Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Универсальная газовая постоянная $\mathcal{R} = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Масса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Постоянная Хаббла $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

§2. Данные о Солнце

Радиус $695\,000 \text{ км}$

Масса $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Светимость $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2

Видимая звездная величина -26.78^{m}

Абсолютная болометрическая звездная величина $+4.72^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V) $+0.67^m$

Эффективная температура 5800K

Средний горизонтальный параллакс $8.794''$

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0.017

Тропический год 365.24219 суток

Средняя орбитальная скорость 29.8 км/с

Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: $23^\circ 26' 21.45''$

Экваториальный радиус 6378.14 км

Полярный радиус 6356.77 км

Масса $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Средняя плотность 5.52 г·см^{-3}

Объемный состав атмосферы: N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%).

§3. Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Минимальное расстояние от Земли 356410 км

Максимальное расстояние от Земли 406700 км

Эксцентриситет орбиты 0.055

Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$

Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток

Синодический период обращения 29.530589 суток

Радиус 1738 км

Масса $7.348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ или 1/81.3 массы Земли

Средняя плотность 3.34 г·см^{-3}

Визуальное геометрическое альbedo 0.12

Видимая звездная величина в полнолуние -12.7^m

§4. Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли	г·см ⁻³		градусы		
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	—	−26.8
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	−0.1
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут**	177.36	0.65	−4.4
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	—
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	−2.0
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	−2.7
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час**	97.86	0.51	5.7
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8

* — для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет.

** — обратное вращение.

§5. Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн.км	а.е.		градусы		сут
Меркурий	57.9	0.3871	0.2056	7.004	87.97 сут	115.9
Венера	108.2	0.7233	0.0068	3.394	224.70 сут	583.9
Земля	149.6	1.0000	0.0167	0.000	365.26 сут	—
Марс	227.9	1.5237	0.0934	1.850	686.98 сут	780.0
Юпитер	778.3	5.2028	0.0483	1.308	11.862 лет	398.9
Сатурн	1429.4	9.5388	0.0560	2.488	29.458 лет	378.1
Уран	2871.0	19.1914	0.0461	0.774	84.01 лет	369.7
Нептун	4504.3	30.0611	0.0097	1.774	164.79 лет	367.5

§6. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометр. альбедо	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см ³	км	сут		m
Земля							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	−12.7
Марс							
Фобос	$1.08 \cdot 10^{16}$	~10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3

Деймос	$1.8 \cdot 10^{15}$	~6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	$8.94 \cdot 10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	$4.8 \cdot 10^{22}$	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	$1.48 \cdot 10^{23}$	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	$1.08 \cdot 10^{23}$	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
Сатурн							
Тефия	$7.55 \cdot 10^{20}$	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	$1.05 \cdot 10^{21}$	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	$2.49 \cdot 10^{21}$	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	$1.35 \cdot 10^{23}$	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	$1.88 \cdot 10^{21}$	730	1.21	3560800	79.33018	0.2	~11.0
Уран							
Миранда	$6.33 \cdot 10^{19}$	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	$1.7 \cdot 10^{21}$	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	$1.27 \cdot 10^{21}$	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	$3.49 \cdot 10^{21}$	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	$3.03 \cdot 10^{21}$	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
Нептун							
Тритон	$2.14 \cdot 10^{22}$	1350	2.07	354800	5.87685**	0.7	13.5

* — для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

** — обратное направление вращения.

§7. Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x;$$

$$\sin(\alpha + x) \approx \sin \alpha + x \cos \alpha;$$

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + x) \approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1 + x)^n \approx 1 + nx;$$

($x \ll 1$, углы выражаются в радианах).