

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 2015/2016 учебном году

Москва 2015

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 | 22 |
| 7. Процедура проведения школьного и муниципального этапов (для разработки требований) | 22 |
| 8. Процедура оценивания решений и подведения итогов | 24 |
| 9. Процедура отбора участников на следующие этапы | 25 |
| 10. Список литературы | 26 |
| 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 2015/2016 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., с изменениями, внесенными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 249 от 17 марта 2015 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 1 ноября 2015 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 проведения 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 2014/2015 учебного года, формируется список участников муниципального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2015/2016 учебного года.

В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, муниципальный этап проводится в ноябре - декабре 2015 г. (не позднее 25 декабря 2015 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 2014/2015 учебного года,

формируется список участников регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2015/2016 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 2015/2016 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, уравнение 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. Абберрация 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. Апенкс.

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 2015/2016 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, 1.3, 1.7, категория сложности - 1).

Условие. Может ли Луна наблюдаться с Земли в созвездии Тельца? В созвездии Ориона? В созвездии Большого Пса?

Решение. Луна движется по орбите вокруг Земли. Плоскость этой орбиты близка к плоскости эклиптики (плоскости орбиты Земли вокруг Солнца), но все же наклонена к ней на угол около 5° . Поэтому Луна в небе Земли может быть видна вблизи эклиптики, не далее 5° от нее. Созвездие Тельца – зодиакальное, линия эклиптики проходит через него, поэтому Луна может там наблюдаться. Созвездие Ориона зодиакальным не является, но его северная часть расположена близко к эклиптике (около 2° от нее), поэтому Луна может оказаться в этой области неба. А вот созвездие Большого Пса расположено далеко к югу от эклиптики, и при наблюдении с Земли Луна в этом созвездии оказаться не может.

Рекомендации для жюри. Основой решения задачи является понимание, в каких частях небесной сферы может располагаться Луна. Наличие этого представления, очевидное из решения, оценивается в 2 балла. Еще по 2 балла выставляется за правильный ответ по каждому из трех созвездий, при этом указание точного углового расстояния от созвездий до эклиптики от школьников не требуется.

Задание 1.2. (пункт списка вопросов - 1.12, категория сложности - 1).

Условие. Какая скорость больше – 1 км/с или 1 а.е./год?

Решение. 1 астрономическая единица – среднее расстояние от Земли до Солнца – равна 149.6 млн км. 1 год есть примерно 365.25 суток по 86400 секунд, что составляет около 31.56 млн секунд. Получается, что скорость 1 а.е. в год соответствует 4.74 км/с, что, очевидно, больше, чем 1 км/с.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участник олимпиады должен установить правильное соотношение между единицами длины (а.е. и км) и единицами времени (секундой и годом). Каждая из этих операций оценивается в 3 балла. Окончательный вывод оценивается еще в 2 балла.

Задание 1.3. (пункт списка вопросов - 1.2, 1.3, категория - 2).

Условие. В некотором пункте Земли Солнце в полдень 22 июня оказалось вдвое выше над горизонтом, чем в полдень 22 декабря. Найдите широту этого пункта.

Решение. Если скоро 22 июня Солнце было выше над горизонтом, чем 22 декабря, можно сразу сделать вывод, что дело происходило в северном полушарии. Полуденная высота Солнца равна

$$h = 90^\circ - |\varphi - \delta|,$$

где φ и δ – широта места и склонение Солнца. В указанные дни склонение Солнца равно $\pm\varepsilon$, где угол ε есть угол между экватором и эклиптической ($23^\circ 26'$). Получаем:

$$90^\circ - |\varphi - \varepsilon| = 2(90^\circ - |\varphi + \varepsilon|).$$

Дело происходит в северном полушарии, угол φ , как и угол ε , положителен. Поэтому мы можем сразу опустить знак модуля в правой части уравнения. В зависимости от знака выражения под модулем в левой части, мы должны рассмотреть два случая:

1) $\varphi - \varepsilon \geq 0$:

$$90^\circ - \varphi + \varepsilon = 180^\circ - 2\varphi - 2\varepsilon.$$

$$\varphi = 90^\circ - 3\varepsilon = 19^\circ 42'.$$

Данное решение не соответствует сделанному выше предположению: широта оказалась меньше угла ε . Поэтому в первом случае решение не существует.

2) $\varphi - \varepsilon < 0$:

$$90^\circ + \varphi - \varepsilon = 180^\circ - 2\varphi - 2\varepsilon.$$

$$\varphi = (90^\circ - \varepsilon)/3 = 22^\circ 11'.$$

Полученное значение соответствует сделанному предположению и является решением задачи.

Рекомендации для жюри. При решении задачи участники олимпиады могут использовать разные варианты записи формулы для высоты Солнца в верхней кульминации, однако при этом они должны учитывать все возможные случаи. Вывод о том, что дело происходит в северном полушарии, оценивается в 2 балла. Если этот вывод не сделан напрямую, то участники должны рассмотреть математически случай южного полушария и исключить возможные решения, что оценивается теми же 2 баллами. Рассмотрение случая $\varphi - \varepsilon \geq 0$ и исключение решений оценивается еще в 2 балла. Наконец, рассмотрение верного случая $\varphi - \varepsilon < 0$ и формулировка ответа оценивается в 4 балла.

Задание 1.4. (пункт списка вопросов - 1.6, категория сложности - 2).

Условие. Малые планеты 1 и 2 обращаются вокруг Солнца по своим круговым орбитам в той же плоскости, что и Земля на большем расстоянии от Солнца, а их синодические периоды составляют 450 и 500 суток соответственно. Какая из малых планет расположена ближе к Солнцу?

Решение. Синодический период планеты S есть время между двумя соседними противостояниями, когда она расположена с той же стороны от Солнца, что и Земля. Можно сразу сказать, что обе малых планеты движутся по орбите в ту же сторону, что и Земля, так как при встречном движении синодический период оказался бы меньше года. Обозначим период обращения планеты вокруг Солнца через T , а период обращения Земли (один год) через T_0 . С учетом того, что планеты находятся дальше Земли от Солнца и $T > T_0$ будет справедливо соотношение:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}.$$

Выразим отсюда период обращения планеты:

$$T = \frac{ST_0}{S - T_0}.$$

Для двух заданных астероидов получаем значения орбитальных периодов: 1939 и 1355 суток (около 5.3 и 3.7 года). Первый астероид с меньшим синодическим периодом имеет больший орбитальный период и расположен дальше от Солнца. Это вполне естественно, так как Земля в своем орбитальном движении быстрее догоняет медленно вращающийся дальний астероид.

Рекомендации для жюри. Первым этапом решения задачи является обоснование того, что астероиды движутся вокруг Солнца в ту же сторону, что и Земля. Это можно сделать словами (см. выше), можно с помощью математических формул. Данный вывод оценивается в 2 балла. Следующие 2 балла выставляются за правильное соотношение синодического периода с величинами орбитальных периодов Земли и малой планеты. После этого можно сразу сделать вывод о том, какая из планет быстрее обращается вокруг Солнца (за счет анализа угловых скоростей), а можно получить значения периодов. Данный этап оценивается в 2 балла. Наконец, указание, что более медленная планета расположена дальше от Солнца (без обязательного вычисления самого расстояния) оценивается еще в 2 балла.

5.2. Задачи на темы §2.

Задание 2.1. (пункт списка вопросов - 2.3, категория сложности - 1).

Условие. У какой звезды горячее видимая поверхность – у белого карлика или у красного сверхгиганта?

Решение. Видимый цвет звезды (точнее, ее поверхности) однозначно связан с ее температурой. Голубые звезды – самые горячие, красные – самые холодные. Поэтому поверхность белого карлика, вне зависимости от ее размеров, горячее поверхности красного сверхгиганта.

Рекомендации для жюри. Основой решения задачи является указание, что цвет и температура поверхности звезды однозначно связаны друг с другом. Это указание оценивается в 5 баллов. Еще 3 балла выставляется за верный ответ.

Задание 2.2. (пункт списка вопросов - 2.10, категория сложности - 1).

Условие. Диаметр объектива телескопа равен 20 см. Какое минимальное увеличение имеет смысл использовать при визуальных наблюдениях с этим телескопом?

Решение. Увеличение телескопа есть отношение фокусных расстояний объектива и окуляра. Оно же равно соотношению диаметров объектива и выходного пучка света. Если этот выходной пучок окажется больше зрачка наблюдателя, то часть света будет теряться, и такое увеличение использовать нецелесообразно. Минимальное увеличение M будет

соответствовать выходному пучку с диаметром d , равным диаметру зрачка (около 8 мм в ночных условиях). Оно составит $D/d=25$. Здесь D – диаметр объектива телескопа.

Рекомендации для жюри. Основой решения задачи является указание, чем обуславливается минимальное увеличение телескопа, это оценивается в 4 балла. Вычисление этого увеличения оценивается еще в 4 балла, причем величины диаметра зрачка глаза от 6 до 10 мм и соответствующие увеличения от 33 до 20 крат являются допустимыми.

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

Условие. Солнечное пятно расположено в центре видимого диска Солнца, имеет диаметр 20000 км и температуру 4000 К. Какова видимая звездная величина этого пятна?

Решение. По закону Стефана-Больцмана, поверхностная яркость объекта, излучающего как абсолютно черное тело (это применимо к поверхности Солнца), пропорциональна четвертой степени температуры. Сравним пятно с самим Солнцем и запишем выражение для его звездной величины:

$$m = m_0 - 2.5 \lg \frac{\pi \rho^2 T^4}{\pi \rho_0^2 T_0^4}.$$

Здесь m_0 – видимая звездная величина Солнца (-26.8^m), ρ и ρ_0 – видимые радиусы пятна и всего Солнца, а T и T_0 – их эффективные температуры. Так как пятно расположено в центре диска Солнца, отношение (ρ/ρ_0) равно отношению пространственных диаметров пятна и Солнца (d/D). Отсюда получаем:

$$m = m_0 - 2.5 \lg \frac{d^2 T^4}{D^2 T_0^4} = m_0 - 5 \lg \frac{dT^2}{DT_0^2} = -16.$$

Пятно лишь кажется темным по сравнению с окружающей поверхностью Солнца, на самом деле, оно весьма яркое.

Рекомендации для жюри. Основой задачи является правильное применение закона Стефана-Больцмана, которое может быть сделано в терминах видимой поверхностной яркости светила либо светимости единицы его площади, что оценивается в 4 балла. Правильные вычисления и окончательный ответ оцениваются еще в 4 балла.

Задание 2.4. (пункт списка вопросов - 2.5, категория сложности - 2).

Условие. Главный и вторичный минимумы затменной переменной звезды имеют глубину 0.75^m , при этом ее наблюдаемый цвет не меняется. Найдите соотношение размеров двух звезд, входящих в систему.

Решение. В условии сказано, что видимый цвет системы во время минимумов не меняется. Это может быть в двух случаях: если одна из звезд темная и не влияет на цвет или если обе звезды имеют одинаковый цвет. Первый из указанных случаев не соответствует условию задачи, так как наблюдаются оба минимума системы (главный и вторичный). Итак, две звезды имеют одинаковый цвет (и температуру), а глубина минимумов соответствует перепаду яркости в $10^{0.4 \cdot 0.75} = 2$ раза. Такое может быть только в одном случае: если звезды совершенно одинаковы, а затмения происходят полные. Итак, радиусы звезд равны друг другу.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники должны указать, что звезды имеют одинаковый цвет (температуру либо поверхностную яркость), что оценивается в 2 балла. Вычисление изменения яркости во время минимумов оценивается в 3 балла, окончательный вывод о соотношении размеров звезд – еще в 3 балла.

5.3. Задачи на темы §3.

Задание 3.1. (пункт списка вопросов - 3.7, категория сложности - 1).

Условие. Масса черной дыры 2 в два раза больше массы черной дыры 1. Как соотносятся плотности этих черных дыр?

Решение. Гравитационный радиус черной дыры с массой M есть радиус, при котором вторая космическая скорость на поверхности сравнивается со скоростью света. Он составляет

$$R = \frac{2GM}{c^2}.$$

Плотность черной дыры равна

$$\rho = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3c^6}{8\pi G^3 M^2}.$$

Мы видим, что плотность черной дыры обратно пропорциональна квадрату ее массы и у черной дыры 2 она в 4 раза меньше, чем у черной дыры 1. У сверхмассивных черных дыр с галактическими массами средняя плотность может вообще не иметь экстремальных величин.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники олимпиады должны записать выражение для гравитационного радиуса черной дыры, что оценивается в 3 балла. Далее

необходимо перейти к выражению для плотности, что оценивается еще в 3 балла. Формулировка ответа на задание оценивается в 2 балла.

Задание 3.2. (пункт списка вопросов - 3.2, 3.8, категория сложности - 1).

Условие. Самой яркой частью ближайших спиральных галактик – туманностей Андромеды и Треугольника, видимой в бинокль или даже невооруженным глазом, является их центр. Почему же мы не можем видеть глазом центр нашей Галактики Млечный Путь, расположенный во много раз ближе к нам?

Решение. В состав спиральных галактик входит массивный диск, состоящий из газа и пыли. Именно там расположены молодые звезды, которые продолжают появляться и в настоящее время. В диске Галактики расположено и Солнце. Толщина диска во много раз меньше его радиуса. Входящая в состав диска пыль ослабляет проходящее через него излучение. Расстояние до центра Галактики составляет 8 кпк, и на таком расстоянии пыль практически полностью блокирует излучение центра Галактики.

Когда же мы смотрим на соседние галактики, их диски расположены под углом к лучу зрения, и свет испытывает лишь небольшое поглощение. Поэтому центры соседних галактик легко видны на небе.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники олимпиады должны описать строение спиральных галактик и указать на наличие пыли в их диске, которая мешает наблюдать центр нашей Галактики. Этот вывод оценивается в 4 балла. Описание условий видимости центров соседних галактик оценивается еще в 4 балла.

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

Условие. Максимальная яркость Солнца на единицу длины волны приходится на желто-зеленую область спектра с длиной волны 5000 ангстрем. У каких горячих звезд максимум излучения нельзя увидеть с поверхности Земли? Считать звезды абсолютно черными телами, а атмосфера полностью задерживает ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 3100 ангстрем.

Решение. По закону смещения Вина, длина волны, на которую приходится максимум излучения звезды, обратно пропорциональна температуре звезды:

$$\lambda = \frac{L}{T}.$$

Рассчитаем температуру, при которой максимум излучения придется на длину волны 3100 ангстрем (здесь индекс «0» относится к Солнцу):

$$T = \frac{L}{\lambda} = T_0 \frac{\lambda_0}{\lambda} = 9400 \text{ K}.$$

У более горячих звезд максимум яркости попадает в ультрафиолетовую область спектра, невидимую с Земли.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи участники должны сформулировать закон смещения Вина математически либо словами указать на связь длины волны максимума излучения и температуры, что оценивается в 4 балла. Вычисления температуры звезды с указанной длиной волны максимума могут производиться на основе сравнения с Солнцем либо с использованием численного значения константы L (0.29 см·К), что оценивается в 3 балла. Формулировка окончательного ответа оценивается в 1 балл.

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

Условие. Далекая эллиптическая галактика имеет сферическую форму, массу 10^{12} масс Солнца, угловой диаметр 1° . Расстояние до галактики равно 2 Мпк. Определите характерное время обращения звезды на краю галактики вокруг ее центра.

Решение. Вычислим пространственный радиус галактики:

$$R = L \delta / 2 = 17 \text{ кпк}.$$

Здесь L – расстояние до галактики, δ – ее угловой диаметр, выраженный в радианах. Время облета звезды на краю галактики есть период обращения по круговой орбите. Его можно вычислить по III закону Кеплера, сравнив обращение звезды вокруг Галактики с вращением Земли вокруг Солнца:

$$T(\text{годы}) = \left(\frac{R(\text{a.e.})^3}{M} \right)^{1/2} = 2 \cdot 10^8.$$

Здесь M – масса галактики, выраженная в массах Солнца.

Рекомендации для жюри. Для решения задачи нужно вычислить пространственный радиус галактики, что оценивается в 2 балла. Правильное указание, что искомый период есть период кругового вращения на краю галактики, оценивается еще в 2 балла. Его вычисление можно

производить на основе закона всемирного тяготения или разных формулировок III закона Кеплера и оценивается в 4 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 (ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОВЕДЕНИЮ)

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

Парсек 1 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) $+0.67^{\text{m}}$

Эффективная температура 5800 К

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 $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$

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

Экваториальный радиус 6378.14 км

Полярный радиус 6356.77 км

Масса $5.974 \cdot 10^{24}$ кг

Средняя плотность $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Объемный состав атмосферы: N₂ (78%), O₂ (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°09'

Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток

Синодический период обращения 29.530589 суток

Радиус 1738 км

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

Средняя плотность $3.34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

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. альbedo | Вид. звездная величина* |
|----------|-----------------------|-------------|--------|---------------|-----------|----------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------------|
| | кг | массы Земли | км | радиусы Земли | | | | | |
| 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. | | | | |
| 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 | Геометрич. альbedo | 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).