Утверждены на заседании центральной предметно-методической комиссии всероссийской олимпиады школьников по астрономии
(Протокол № 1 от 05.07.2021 г.)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по организации и проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2021/2022 учебном году

Содержание

Введение 96

1. Порядок организации и проведения школьного и муниципального этапов олимпиады 97

2. Общие рекомендации по разработке требований к проведению школьного и муниципального этапов олимпиады 98

3. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения заданий школьного этапа олимпиады....99

4. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения заданий муниципального этапа олимпиады....99

5. Принципы формирования комплектов заданий и методические подходы к составлению заданий школьного этапа олимпиады 100

6. Принципы формирования комплектов заданий и методические подходы к составлению заданий муниципального этапа олимпиады 102

7. Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады....105

8. Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий 105

9. Использование учебной литературы и интернет-ресурсов при подготовке школьников к олимпиаде 107

ПРИЛОЖЕНИЯ....108

Приложение 1. Методическая программа олимпиады 108

Приложение 2. Форма бланка заданий....125

Приложение 3. Форма бланка ответов 127

Приложение 4. Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий....128

Приложение 5. Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде 130

Приложение 6. Примеры олимпиадных заданий школьного этапа 134

Приложение 7. Примеры олимпиадных заданий муниципального этапа 139

Введение

Настоящие рекомендации по организации и проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников (далее – олимпиада) по астрономии составлены в соответствии с Порядком проведения всероссийской олимпиады школьников, утвержденным приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 27 ноября 2020 г. № 678 «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников» и предназначены для использования муниципальными и региональными предметно-методическими комиссиями, а также организаторами школьного и муниципального этапов олимпиады.

Олимпиада по астрономии проводится в целях выявления и развития у обучающихся творческих способностей и интереса к научной (научно-исследовательской) деятельности, пропаганды научных знаний.

Сроки окончания этапов олимпиады: школьного этапа – не позднее 1 ноября; муниципального этапа – не позднее 25 декабря.

Форма проведения олимпиады – очная. При проведении олимпиады допускается использование информационно-коммуникационных технологий в части организации выполнения олимпиадных заданий, анализа и показа олимпиадных заданий, процедуры апелляции при условии соблюдения требований законодательства Российской Федерации в области защиты персональных данных.

Решение о проведении школьного и муниципального этапов олимпиады с использованием информационно-коммуникационных технологий принимается организатором школьного и муниципального этапов олимпиады по согласованию с органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющим государственное управление в сфере образования.

Школьный этап олимпиады проводится по заданиям, разработанным для 5–11 классов, муниципальный – для 7–11 классов. Участник каждого этапа олимпиады выполняет олимпиадные задания, разработанные для класса (возрастной параллели), программу которого он осваивает, или для более старших классов. В случае прохождения участников, выполнивших задания, разработанные для более старших классов по отношению к тем, программы которых они осваивают, на следующий этап олимпиады, указанные участники и на следующих этапах олимпиады выполняют олимпиадные задания, разработанные для класса, который они выбрали на предыдущем этапе олимпиады, или более старших классов.

Методические рекомендации включают:

– порядок организации и проведения школьного и муниципального этапов олимпиады, общие рекомендации по разработке требований к их проведению;

– методические подходы к составлению олимпиадных заданий и принципы формирования комплектов олимпиадных заданий для школьного и муниципального этапов олимпиады;

– необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий;

– перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады;

– критерии и методику оценивания выполненных олимпиадных заданий;

– перечень рекомендуемых источников для подготовки школьников к олимпиаде.

Дополнительную информацию по представленным методическим материалам можно получить по электронной почте, обратившись по адресу ougolnikov@gmail.com в центральную предметно-методическую комиссию всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

1. Порядок организации и проведения школьного и муниципального этапов олимпиады

1.1. **Школьный этап олимпиады** состоит из одного теоретического тура индивидуальных состязаний участников.

1.1.1. Рекомендованная длительность тура составляет:

5 класс – 1 академический час (45 минут);

6 класс – 1 академический час (45 минут);

7 класс – 1 академический час (45 минут);

8 класс – 1 академический час (45 минут);

9 класс – 1 астрономический час (60 минут);

10 класс – 2 академических часа (90 минут);

11 класс – 2 академических часа (90 минут).

1.1.2. Участники делятся на возрастные параллели – 5–6 классы, 7–8 классы, 9 класс, 10 класс, 11 класс. Конкурс проводится отдельно внутри каждой параллели.

1.1.3. Для проведения тура необходимы аудитории, в которых каждому участнику олимпиады должно быть предоставлено отдельное рабочее место. Все рабочие места участников олимпиады должны обеспечивать им равные условия, соответствовать

действующим на момент проведения олимпиады санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам.

1.1.4. Расчет числа аудиторий определяется числом участников и посадочных мест в аудиториях. Проведению тура предшествует краткий инструктаж участников о правилах участия в олимпиаде.

1.2. **Муниципальный этап олимпиады** состоит из одного теоретического тура индивидуальных состязаний участников.

1.2.1. Длительность тура составляет:

7 класс – 2 академических часа (90 минут);

8 класс – 2 академических часа (90 минут);

9 класс – 2 астрономических часа (120 минут);

10 класс – 2 астрономических часа (120 минут);

11 класс – 2 астрономических часа (120 минут).

1.2.2. Участники делятся на возрастные параллели – 7–8 классы, 9 класс, 10 класс, 11 класс. Конкурс проводится отдельно внутри каждой параллели.

1.2.3. Для проведения тура необходимы аудитории, в которых каждому участнику олимпиады должно быть предоставлено отдельное рабочее место. Все рабочие места участников олимпиады должны обеспечивать им равные условия, соответствовать действующим на момент проведения олимпиады санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам.

1.2.4. Расчет числа аудиторий определяется числом участников и посадочных мест в аудиториях. Проведению тура предшествует краткий инструктаж участников о правилах участия в олимпиаде.

2. Общие рекомендации по разработке требований к проведению школьного и муниципального этапов олимпиады

2.1. Требования к проведению школьного и муниципального этапов олимпиады разрабатываются соответственно муниципальными и региональными предметно-методическими комиссиями с учетом методических рекомендаций центральной предметно-методической комиссии и утверждаются организаторами соответствующих этапов олимпиады.

2.2. В требования, помимо общей информации, характеризующей соответствующий этап олимпиады (дата проведения, порядок регистрации участников, время начала этапа, процедуры кодирования и декодирования работ, порядок проверки и оценивания работ,

процедуры анализа заданий олимпиады и их решений, процедуры показа проверенных работ участников олимпиады, процедуры проведения апелляций и подведения итогов соответствующего этапа, единой для всех предметов этапа) рекомендуется включить следующую информацию, касающуюся соответствующего этапа олимпиады:

– материально-техническое обеспечение;

– перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады.

3. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения заданий школьного этапа олимпиады

3.1. Для проведения всех мероприятий олимпиады необходима соответствующая материальная база, которая включает в себя элементы для проведения тура.

3.2. Школьный этап не предусматривает выполнение каких-либо практических и наблюдательных задач по астрономии, его проведение **не требует** специального оборудования (телескопов и других астрономических приборов), поэтому материальные требования для их проведения не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима. Каждому участнику олимпиады должны быть предоставлены листы формата А4 для выполнения олимпиадных заданий. В случае проведения этапа с использованием информационно-коммуникационных технологий участникам должен быть предоставлен доступ к онлайн-платформе, на которой проводится этап.

Участники могут использовать свои письменные принадлежности (включая циркуль, транспортир, линейку и т. п.) и непрограммируемый инженерный калькулятор. В частности, калькуляторы, допустимые для использования на ЕГЭ, разрешаются для использования на любых этапах олимпиады. Рекомендуется иметь в аудитории несколько запасных ручек черного цвета.

4. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения заданий муниципального этапа олимпиады

4.1. Для проведения всех мероприятий олимпиады необходима соответствующая материальная база, которая включает в себя элементы для проведения тура.

4.2. Материальное обеспечение муниципального этапа аналогично школьному этапу. Данный этап также не предусматривает выполнение каких-либо практических и наблюдательных задач по астрономии, его проведение **не требует** специального

оборудования (телескопов и других астрономических приборов), поэтому материальные требования для их проведения не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима. Каждому участнику олимпиады должны быть предоставлены листы формата А4 для выполнения олимпиадных заданий. В случае проведения этапа с использованием информационно-коммуникационных технологий участникам должен быть предоставлен доступ к онлайн-платформе, на которой проводится этап.

Участники могут использовать свои письменные принадлежности (включая циркуль, транспортир, линейку и т. п.) и непрограммируемый инженерный калькулятор. В частности, калькуляторы, допустимые для использования на ЕГЭ, разрешаются для использования на любых этапах олимпиады. Рекомендуется иметь в аудитории несколько запасных ручек черного цвета.

5. Принципы формирования комплектов заданий и методические подходы к составлению заданий школьного этапа олимпиады

5.1. На школьном этапе олимпиады участникам предлагаются комплекты заданий, разработанные муниципальной предметно-методической комиссией. Оптимальное количество заданий: 4–6. При тестовом формате заданий (эффективном при проведении этапа с использованием инфомационно-коммуникационных технологий) количество заданий может быть увеличено. Задания школьного этапа основываются на тематической программе, составленной центральной предметно-методической комиссией всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1).

Участникам из каждой параллели должен быть предложен свой комплект заданий, при этом некоторые задания могут входить в комплекты нескольких возрастных параллелей (как в идентичной, так и в отличающейся формулировке). Комплекты заданий должны обладать тематической полнотой, то есть соответствовать различным вопросам тематической программы олимпиады.

К олимпиадным заданиям предъявляются следующие общие требования:

- соответствие уровня сложности заданий заявленной возрастной группе;
- тематическое разнообразие заданий;
- корректность формулировок заданий;
- указание максимального балла за каждое задание и за тур в целом;
- соответствие заданий критериям и методике оценивания;
- наличие заданий, выявляющих склонность к научной деятельности и высокий уровень интеллектуального развития участников;

– наличие заданий, выявляющих склонность к получению специальности, для поступления на которую(-ые) могут быть потенциально востребованы результаты олимпиады;

– недопустимо наличие заданий, противоречащих правовым, этическим, эстетическим, религиозным нормам, демонстрирующих аморальные, противоправные модели поведения и т.п.;

– недопустимо наличие заданий, представленных в неизменном виде, дублирующих задания прошлых лет, в том числе для другого уровня образования.

Задания должны иметь теоретический характер, то есть не требовать для решения использования каких-либо астрономических приборов и электронно-вычислительных средств, за исключением непрограммируемого калькулятора, и выполняться без выхода на улицу.

Комплект заданий должен содержать задания различной сложности. Большинство заданий школьного этапа должны представлять категорию 1 – наиболее простые задания, доступные большинству участников этапа. Решение этих заданий должны предусматривать однократное применение какого-либо астрономического или физического закона с его возможным приложением к математическим вычислениям. Одно – два задания комплекта относятся к категории 2, в рамках которого фактически задаются несколько вопросов, нахождение последовательных ответов на которые приводит в конечном итоге к решению всего задания. Соотношение количества заданий категории 1 и 2 может изменяться в разных возрастных параллелях с учетом специфики конкретной ситуации и уровня подготовки участников.

В комплект олимпиадных заданий по каждой возрастной группе (классу) входит:

– бланк заданий (см. пример оформления в Приложении 2);

– бланк ответов (см. пример оформления в Приложении 3);

– критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий (см. пример оформления в Приложении 4).

Бланки ответов не должны содержать сведений, которые могут раскрыть содержание заданий.

При разработке критериев и методики выполненных олимпиадных заданий важно руководствоваться следующими требованиями:

– полнота (достаточная детализация) описания критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий и начисления баллов;

– понятность, полноценность и однозначность приведенных критериев оценивания.

Необходимые справочные сведения для решения задания (значения физических и астрономических постоянных, физические характеристики планет и т. п.), которые заведомо не являются общеизвестными, приводятся в тексте условия или, если это предусмотрено соответствующей предметно-методической комиссией, выносятся на листы со справочными данными, которые выдаются участникам олимпиады вместе с условиями заданий. Полный список справочных материалов (который может быть полностью или частично использован предметно-методическими комиссиями) содержится в Приложении 5 к настоящим рекомендациям.

В Приложении 6 приводятся примеры олимпиадных заданий различной тематики и сложности, которые в целом характеризуют возможный уровень сложности комплектов школьного этапа Всероссийской олимпиады по астрономии. Для каждого задания указывается пункт методической программы, который это задание затрагивает, его категория сложности и примерная рекомендация, на каком этапе и в какой возрастной параллели можно использовать задание такого уровня. Сами задания непосредственно ***не могут заимствоваться без изменений*** при подготовке комплектов заданий. Также **категорически недопустимо** использовать комплекты заданий любых олимпиад по астрономии прошлых лет.

При разработке бланков ответов необходимо учитывать следующее:

– первый лист бланка ответов – титульный. На титульном листе должна содержаться следующая информация: указание этапа олимпиады (школьный, муниципальный); текущий учебный год; поле, отведенное под код/шифр участника; строки для заполнения данных участником (Ф.И.О., класс, полное наименование образовательной организации) (пример титульного листа – Приложение 3);

– второй и последующие листы содержат поля, отведенные для решений заданий. На них указывается код/шифр участника; номера задания; при необходимости – поле для выполнения задания участником (разлинованный лист, таблица, схема, рисунок, и т. д.); можно указывать максимальный балл, который может получить участник за его выполнение;

– при составлении заданий, бланков ответов, критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий необходимо соблюдать единый стиль оформления.

6. Принципы формирования комплектов заданий и методические подходы к составлению заданий муниципального этапа олимпиады

6.1. На муниципальном этапе олимпиады участникам предлагаются комплекты заданий, разработанные региональной предметно-методической комиссией. Оптимальное количество заданий: 6. При тестовом формате заданий (эффективном при проведении этапа

с использованием информационно-коммуникационных технологий) количество заданий может быть увеличено. Задания муниципального этапа основываются на тематической программе, составленной центральной предметно-методической комиссией всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1).

Участникам из каждой параллели должен быть предложен свой комплект заданий, при этом некоторые задания могут входить в комплекты нескольких возрастных параллелей (как в идентичной, так и в отличающейся формулировке). Комплекты заданий должны обладать тематической полнотой, то есть соответствовать различным вопросам тематической программы олимпиады.

К олимпиадным заданиям предъявляются следующие общие требования:

– соответствие уровня сложности заданий заявленной возрастной группе;

– тематическое разнообразие заданий;

– корректность формулировок заданий;

– указание максимального балла за каждое задание и за тур в целом;

– соответствие заданий критериям и методике оценивания;

– наличие заданий, выявляющих склонность к научной деятельности и высокий уровень интеллектуального развития участников;

– наличие заданий, выявляющих склонность к получению специальности, для поступления на которую(-ые) могут быть потенциально востребованы результаты олимпиады;

– недопустимо наличие заданий, противоречащих правовым, этическим, эстетическим, религиозным нормам, демонстрирующих аморальные, противоправные модели поведения и т.п.;

– недопустимо наличие заданий, представленных в неизменном виде, дублирующих задания прошлых лет, в том числе для другого уровня образования.

Задания должны иметь теоретический характер, то есть не требовать для решения использования каких-либо астрономических приборов и электронно-вычислительных средств, за исключением непрограммируемого калькулятора, и выполняться без выхода на улицу.

Комплект заданий должен содержать задания различной сложности. Примерно половина заданий муниципального этапа должны представлять категорию 1, другая половина заданий относятся к категории 2. Соотношение количества заданий категории 1 и 2 может изменяться в разных возрастных параллелях с учетом специфики конкретной ситуации и уровня подготовки участников.

В комплект олимпиадных заданий по каждой возрастной группе (классу) входит:

– бланк заданий (см. пример оформления в Приложении 2);

– бланк ответов (см. пример оформления в Приложении 3);

– критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий (см. пример оформления в Приложении 4).

Бланки ответов не должны содержать сведений, которые могут раскрыть содержание заданий.

При разработке критериев и методики выполненных олимпиадных заданий важно руководствоваться следующими требованиями:

– полнота (достаточная детализация) описания критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий и начисления баллов;

– понятность, полноценность и однозначность приведенных индикаторов оценивания.

Необходимые справочные сведения для решения задания (значения физических и астрономических постоянных, физические характеристики планет и т. п.), которые заведомо не являются общеизвестными, приводятся в тексте условия или, если это предусмотрено соответствующей предметно-методической комиссией, выносятся на листы со справочными данными, которые выдаются участникам олимпиады вместе с условиями заданий. Полный список справочных материалов (который может быть полностью или частично использован предметно-методическими комиссиями) содержится в Приложении 5 к настоящим рекомендациям.

В Приложении 7 приводятся примеры олимпиадных заданий различной тематики и сложности, которые в целом характеризуют возможный уровень сложности комплектов и муниципального этапа всероссийской олимпиады по астрономии. Для каждого задания указывается пункт методической программы, который это задание затрагивает, его категория сложности и примерная рекомендация, на каком этапе и в какой возрастной параллели можно использовать задание такого уровня. Сами задания непосредственно ***не могут заимствоваться без изменений*** при подготовке комплектов заданий. Также категорически недопустимо использовать комплекты заданий любых олимпиад по астрономии прошлых лет.

При разработке бланков ответов необходимо учитывать следующее:

– первый лист бланка ответов – титульный. На титульном листе должна содержаться следующая информация: указание этапа олимпиады (школьный, муниципальный); текущий учебный год; поле, отведенное под код/шифр участника; строки для заполнения данных

участником (Ф.И.О., класс, полное наименование образовательной организации) (пример титульного листа Приложение 3);

– второй и последующие листы содержат поля, отведенные для решений заданий. На них указывается код/шифр участника; номера задания; при необходимости – поле для выполнения задания участником (разлинованный лист, таблица, схема, рисунок, и т. д.); можно указывать максимальный балл, который может получить участник за его выполнение;

– при составлении заданий, бланков ответов, критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий необходимо соблюдать единый стиль оформления.

7. Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады

При выполнении заданий школьного и муниципального этапов олимпиады допускается использование только справочных материалов, предоставленных организаторами, предусмотренных в заданиях и критериях оценивания. Использование любых средств связи на олимпиаде категорически запрещается. Участники могут использовать собственные непрограммируемые калькуляторы.

8. Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий

Для проверки решений участников формируется жюри, состоящее из числа педагогических, научно-педагогических работников, руководящих работников образовательных организаций, аспирантов, победителей международных олимпиад школьников и победителей и призеров заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии и физике, а также специалистов, обладающих профессиональными знаниями, навыками и опытом в области астрономии и физики. Численность жюри школьного и муниципального этапов олимпиады составляет не менее 5 человек.

Для обеспечения объективной и единообразной проверки решение каждого задания должно проверяться одним и тем же членом жюри у всех участников в данной возрастной параллели, а при достаточном количестве членов жюри - независимо двумя членами жюри с последующей коррекцией существенного различия в их оценках одной и той же работы.

Решение каждого задания оценивается в соответствии с рекомендациями, разработанными предметно-методической комиссией. Альтернативные способы решения, не учтенные составителями заданий, также оцениваются в полной мере при условии их

корректности. Во многих заданиях этапы решения можно выполнять в произвольном порядке; это не влияет на оценку за выполнение каждого этапа и за задание в целом.

При частичном выполнении задания оценка зависит от степени и правильности выполнения каждого этапа решения, при этом частичное выполнение этапа **оценивается пропорциональной** частью баллов за этот этап. При проверке решения необходимо отмечать степень выполнения его этапов и выставленные за каждый этап количества баллов.

Если тот или иной этап решения можно выполнить отдельно от остальных, он оценивается независимо. Если ошибка, сделанная на предыдущих этапах, не нарушает логику выполнения последующего и не приводит к абсурдным результатам, то последующий этап при условии правильного выполнения оценивается полностью.

Жюри не учитывает решения или части решений заданий, изложенные в черновике, даже при наличии ссылки на черновик в чистовом решении. Об этом необходимо отдельно предупредить участников перед началом олимпиады.

Жюри должно придерживаться принципа соразмерности: так, если в решении допущена грубая астрономическая или физическая ошибка с абсурдным выводом (например, скорость больше скорости света, масса звезды, существенно меньшая реальной массы Земли и т. д.), все решение оценивается в 0 баллов, тогда как незначительная математическая ошибка должна снижать итоговую оценку не более, чем на 2 балла.

Ниже представлена примерная схема оценивания решений по 8-балльной системе:

0 баллов: решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл: правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;

1–2 балла: попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2–3 балла: правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3–6 баллов: задание частично решено;

5–7 баллов: задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8 баллов: задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

В тестовых заданиях, эффективных при проведении олимпиады с использованием информационно-коммуникационных технологий, оценка определяется формально на основе ответа участника по алгоритму, задаваемому для каждого задания.

9. Использование учебной литературы и интернет-ресурсов при подготовке школьников к олимпиаде

При подготовке участников к школьному и муниципальному этапам олимпиады целесообразно использовать следующие нижеприведенные источники:

1. А. В. Засов, В. Г. Сурдин. Астрономия. 10–11 классы. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019.
2. Э. В. Кононович, В. И. Мороз. Общий курс астрономии. – Москва: URSS, 2017.
3. П. Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии. – Москва: Либроком, 2016.
4. Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия. – Москва: «Аванта+», 2011.
5. В. Г. Сурдин. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. – Ленанд, 2018.
6. В. Г. Сурдин. Астрономические задачи с решениями. – Москва: Либроком, 2014.
7. В. В. Иванов, А. В. Кривов, П. А. Денисенков. Парадоксальная Вселенная. 250 задач по астрономии. – СПбГУ, 2010.
8. О. С. Угольников. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов. – Москва: АПКиППРО, 2007.
9. О. С. Угольников. Астрономия, 10–11 классы, задачник. – Москва: Просвещение, Центр «Сферы», 2018.
10. А. М. Татарников, О. С. Угольников, Е. Н. Фадеев. Сборник задач и упражнений. 10–11 классы. – Москва: Просвещение, 2018.
11. Сайт Всероссийской олимпиады по астрономии – http://www.astroolymp.ru.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.

Методическая программа олимпиады

Общие принципы составления программы.

Методическая программа, определяющая темы курса астрономии, которые могут быть затронуты в заданиях того или иного этапа олимпиады в той или иной возрастной параллели, была переработана центральной предметно-методической комиссией в 2019 году и вступила в действие с 2019/2020 учебного года.

Основным принципом построения программы является последовательное и непрерывное прохождение школьником ее разделов в рамках подготовки, вне зависимости от его результатов на всероссийской олимпиаде в том или ином учебном году. Каждый переход к последующему этапу предусматривает глубокое освоение одного или двух новых разделов, выстроенных в соответствии с логикой изучения курса астрономии на трех циклах – начальном, базовом и углубленном, с минимизацией частоты смены тем. Таким образом, подготовка будет наилучшим образом способствовать не только практике решений олимпиадных заданий, но и общему астрономическому образованию школьника.

Имея непрерывную структуру прохождения разделов и уровней, естественную для изучения предмета, программа характеризуется «диагональным» соответствием с определенными этапами всероссийской олимпиады, описанным в следующем разделе. В связи с этим, на ранних этапах олимпиады не встречаются трудные вопросы поздних этапов олимпиады предыдущих лет обучения. При переходе обучающегося в следующий класс вопросы смещаются в раннюю сторону на один этап.

Определенные вопросы данного перечня требуют углубленной подготовки по физике и математике. В этом случае соответствующие аспекты смежных дисциплин указываются в конце раздела.

В комплект заданий, предлагаемых участникам на том или ином этапе, могут входить как задания текущего уровня, соответствующие указанным разделам программы, так и связанные с ранее изученными разделами. Возможно также включение заданий, охватывающих несколько таких тем.

Таблица

Уровни (римские цифры) и разделы (арабские цифры) тематического списка вопросов, соответствующие разным этапам всероссийской олимпиады в разных возрастных параллелях

Этап олимпиады	*Школьный*	*Муниципальный*	*Региональный*	*Заключительный*
4–6 классы	I (1, 2)			
7 класс	II (3)	III (4)		
8 класс	III (4)	IV (5)		
9 класс	IV (5)	V (6, 7)	VI (8, 9)	VII (10, 11)
10 класс	V (6, 7)	VI (8, 9)	VII (10, 11)	VIII(12), IX (13)
11 класс	VI (8, 9)	VII (10, 11)	VIII (12)	X (14, 15)

Обоснование распределения.

Приведенная «диагональная» структура распределения позволяет сохранить последовательность освещения тем участником вне зависимости от результатов его выступления на олимпиаде в том или ином учебном году. Это важно для прохождения всех этапов, в том числе заключительного. На региональном и заключительном этапах рассматриваются темы не ниже базового цикла, При этом задания, связанные с темами углубленного цикла (разделы 13-15), приводятся только на заключительном этапе в 10 и 11 классах.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ СПИСОК ВОПРОСОВ

УРОВЕНЬ I (4–6 классы, школьный этап).

Раздел 1. Классическая астрономия (начальный цикл).

§ 1.1. Звездное небо.

Объекты, наблюдаемые на дневном и ночном небе: Солнце, Луна, звезды, планеты, искусственные спутники Земли, метеоры, кометы, Млечный путь, туманности, галактики. Созвездия, наиболее яркие звезды и характерные объекты неба Земли, характерные условия их видимости в России и других странах мира. Ориентирование по Полярной звезде. Некоторые яркие звезды и другие объекты, видимые из Северного и Южного полушария Земли.

§ 1.2. Земля, ее свойства и движение.

Три базовых факта о Земле: шарообразная форма, вращение вокруг своей оси и вокруг Солнца. Форма и размеры Земли. Смена времен года, равноденствия и солнцестояния. Основные единицы времени: солнечные сутки и тропический год. Видимый путь Солнца по небу, зодиакальные созвездия.

§ 1.3. Луна, ее свойства и движение.

Движение Луны вокруг Земли и осевое вращение Луны. Смена фаз Луны. Синодический месяц. Основные типы солнечных и лунных затмений, условия их наступления.

Раздел 2. Строение Вселенной (начальный цикл).

§ 2.1. Солнце и планеты.

Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира. Строение Солнечной системы: Солнце; планеты и их спутники; карликовые планеты; астероиды, кометы и другие малые тела. Астрономическая единица. Расстояние от Солнца, строение и (качественно) физические характеристики планет. Наблюдение планет, их видимое отличие от звезд. Крупнейшие спутники планет. Искусственные объекты космоса: спутники, зонды, автоматические межпланетные станции. Исследование ближнего космоса.

§ 2.2. Звезды и расстояния до них.

Характерные расстояния до ближайших звезд в сравнении с масштабами Солнечной системы, принципы измерения расстояния. Скорость света, световой год, его связь с астрономической единицей. Характеристики звезд: масса, радиус, температура. Представление о двойных звездах и экзопланетах. Звездные скопления, их основные свойства.

§ 2.3. Объекты далекого космоса.

Каталог Мессье, его самые известные объекты. Туманности. Галактики, их основные свойства и типы. Представление о расстояниях до галактик и масштабах Вселенной.

Смежные вопросы физики.

Понятия массы и плотности. Объем и плотность шарообразного тела. Прямолинейное распространение света, понятие о преломлении света.

УРОВЕНЬ II (7 класс, школьный этап).

Раздел 3. Небесная сфера (начальный цикл, часть 1).

§ 3.1. Географические координаты.

Градусная и часовая мера угла. Широта и долгота на поверхности Земли. Полюса, экватор, параллели и меридианы. Географическое положение континентов и крупнейших стран мира (качественно). Фигура Земли. Экваториальный и полярный радиусы. Длина окружности экватора, меридиана.

§ 3.2. Горизонтальные координаты на небесной сфере.

Понятие небесной сферы. Основные точки на небесной сфере: зенит, надир, полюсы мира. Стороны горизонта, небесный меридиан. Изменение вида звездного неба в течение суток и в течение года. Подвижная карта звездного неба. Суточное движение небесных светил, восход, заход, кульминация. Высота и астрономический азимут светила. Полюс мира, его высота над горизонтом. Истинный и математический горизонт. Представление об атмосферной рефракции, ее величина у горизонта.

Смежные вопросы математики.

Градусная и часовая мера угла. Понятие сферы, большие и малые круги. Формула для длины окружности. Теорема о равенстве углов со взаимно перпендикулярными сторонами.

УРОВЕНЬ III (7 класс, муниципальный этап; 8 класс, школьный этап).

Раздел 4. Небесная сфера (начальный цикл, часть 2).

§ 4.1. Угловые измерения на небе.

Угловые расстояния между небесными объектами. Угловые размеры объекта, их связь с линейными размерами (при известном расстоянии, малые углы).

§ 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний.

Определение радиуса Земли из астрономических наблюдений. Зависимость расстояния до видимого горизонта и его положения от высоты наблюдения на Земле. Общее понятие параллакса. Геометрический метод определения расстояния до астрономических объектов. Горизонтальный и годичный параллакс. Парсек, его связь с астрономической единицей и световым годом. Характерные значения суточного параллакса близких объектов

(Солнца, Луны, искусственных спутников Земли) и годичного параллакса ближайших звезд. Влияние суточного параллакса близких светил на их высоту над горизонтом.

§ 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере.

Большие и малые круги небесной сферы, принципы построения систем сферических координат. Склонение и часовой угол. Высоты светил в верхней и нижней кульминации для любой точки Земли, незаходящие и невосходящие светила. Угол между линиями небесного экватора и горизонтом в точке их пересечения в зависимости от широты места. Выражения для углового расстояния между двумя точками неба для элементарных случаев (близкие точки, точки на горизонте или экваторе, на одном азимуте, меридиане или круге склонения). Стереографическая проекция.

§ 4.4. Экваториальные координаты и время.

Прямое восхождение светила и звездное время. Соотношение звездных и солнечных суток. Местное солнечное время. Всемирное время, поясное и декретное время. Часовые пояса и зоны, гражданское (административное) время, линия перемены дат. Сезонный перевод часов. Юлианские дни.

§ 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты.

Эклиптика, ее положение в экваториальной системе координат. Полюса эклиптики, их положение на небе. Гелиоцентрическая система координат в Солнечной системе. Тропики и полярные круги на Земле. Изменение склонения Солнца в течение года, полярный день, полярная ночь. Климатические и астрономические пояса Земли. Гелиоцентрическая система координат в Солнечной системе.

§ 4.6. Основы летоисчисления и измерения времени.

Календарные год, месяц и сутки, их соотношение с тропическим годом, синодическим месяцем и солнечными сутками. Системы различных календарей. Високосный год, юлианский и григорианский календарь. Солнечные часы.

Смежные вопросы математики.

Радианная и часовая мера угла. Угловой размер тела. Прямоугольный треугольник. Теорема Пифагора. Элементы тригонометрии. Стандартная запись числа. Математические операции со степенями. Пользование непрограммируемым инженерным калькулятором.

УРОВЕНЬ IV (8 класс, муниципальный этап; 9 класс, школьный этап).

Раздел 5. Кинематика Солнечной системы (начальный цикл).

§ 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит).

Упрощенная запись III закона Кеплера для круговой орбиты (как эмпирический факт). Угловая и линейная скорость планеты относительно Солнца. Синодический и сидерический период планеты. Внутренние и внешние планеты. Конфигурации и условия видимости планет.

§ 5.2. Малые тела Солнечной системы (приближение круговых орбит).

Движение карликовых и малых планет (в предположение круговой орбиты). Представление о движении комет и метеорных потоках. Внешние области Солнечной системы. Пояс Койпера, облако Оорта.

§ 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит).

Синодический и сидерический периоды Луны, их связь. Солнечные и лунные затмения. Величина фазы, продолжительность, стадии затмения. Характерные расстояния и периоды обращения спутников планет. Определение скорости света на основе анализа движения спутников планет.

Смежные вопросы математики.

Подобие треугольников. Возведение в степень, квадратные и кубические корни.

Смежные вопросы физики.

Понятие периода движения по окружности, угловой скорости равномерного кругового движения. Прямолинейное распространение света.

УРОВЕНЬ V (9 класс, муниципальный этап; 10 класс, школьный этап).

Раздел 6. Небесная механика (начальный цикл).

§ 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите.

Закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения и сила тяжести на различных небесных телах. Круговая (первая космическая) и угловая скорость. Вес и невесомость. Связь атмосферного давления на поверхности планеты и силы тяжести, оценка массы атмосферы.

§ 6.2. Механика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит).

Период обращения, выражение III закона Кеплера в обобщенной формулировке для круговых орбит. Линейная скорость планеты относительно Земли. Петлеобразное движение планет, геоцентрическая угловая скорость планеты на небе в момент основных конфигураций.

§ 6.3. Движение искусственных спутников и Луны вокруг Земли (приближение круговой орбиты). Движение спутников планет.

Приливы, их периодичность. Искусственные спутники Земли на низких орбитах, их видимое движение на небе. Торможение спутников в атмосферах планет. Геостационарные спутники.

Смежные вопросы математики.

Сложение и вычитание векторов.

Смежные вопросы физики.

Закон всемирного тяготения, законы Ньютона. Сила тяжести, вес тела. Величина ускорения свободного падения, центростремительного ускорения. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Первая космическая (круговая) скорость.

Раздел 7. Астрономическая оптика (начальный цикл).

§ 7.1. Схемы и принципы работы телескопов.

Линзы и зеркала, простейшие оптические схемы телескопов - рефракторов и рефлекторов. Построение изображений, фокусное расстояние. Угловое увеличение, масштаб изображения, разрешающая способность телескопа. Выходной зрачок, равнозрачковое увеличение. Представление об ограничении разрешающей способности телескопа (качественно), атмосферное ограничение разрешающей способности. Вид различных небесных объектов в телескоп. Представление о приемниках излучения (глаз, ПЗС-матрица и т. д.). Некоторые виды монтировок (альт-азимутальная, экваториальная).

Смежные вопросы физики.

Законы геометрической оптики. Отражение и преломление света на границе двух сред. Плоские и сферические зеркала, линзы. Построение изображений.

УРОВЕНЬ VI (9 класс, региональный этап; 10 класс, муниципальный этап; 11 класс, школьный этап).

Раздел 8. Звездная астрономия (базовый цикл).

§ 8.1. Энергия излучения.

Понятия мощности излучения (светимости), энергетического потока излучения, плотности потока излучения, освещенности, яркости. Убывание плотности потока излучения обратно пропорционально квадрату расстояния (без учета поглощения).

§ 8.2. Шкала звездных величин.

Видимая звездная величина. Формула Погсона. Видимые звездные величины наиболее ярких звезд и планет. Поверхностная яркость, ее независимость от расстояния, звездная величина фона ночного неба.

§ 8.3. Зависимость звездной величины от расстояния.

Зависимость звездной величины от расстояния до объекта в отсутствие поглощения. Модуль расстояния. Изменение видимой яркости планет при их движении вокруг Солнца (без учета фазы, случай круговых орбит). Абсолютная звездная величина звезды, абсолютная звездная величина тел Солнечной системы.

§ 8.4. Электромагнитные волны.

Длина волны, период и частота, скорость распространения в вакууме и в среде, показатель преломления. Диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и цвета. Прозрачность земной атмосферы для различных диапазонов электромагнитных волн.

§ 8.5. Излучение абсолютно черного тела.

Закон Стефана-Больцмана. Эффективная температура и радиус звезды. Светимость звезды и освещенность от нее, связь с абсолютной и видимой звездной величиной.

§ 8.6. Солнце.

Строение и химический состав. Поверхность Солнца, пятна, их температура и время жизни. Циклы солнечной активности. Вращение Солнца. Солнечная постоянная.

§ 8.7. Движение звезд.

Эффект Доплера. Лучевая и трансверсальная скорость звезды. Собственное движение и параллакс звезды.

§ 8.8. Двойные и затменные переменные звезды.

Движение двух тел сопоставимой массы для случая круговых орбит. Центр масс. Обобщенный III закон Кеплера для кругового движения. Затменные переменные звезды, главный и вторичный минимум, их глубина и длительность.

§ 8.9. Планеты и экзопланеты.

Сферическое и геометрическое альбедо. Зона обитаемости. Качественное понятие о парниковом эффекте. Движение экзопланет вокруг звезд для случая круговых орбит. Транзиты экзопланет, их временные и фотометрические свойства, условия наблюдения.

§ 8.10. Звездные скопления.

Характеристики и наблюдаемые свойства рассеянных и шаровых звездных скоплений и входящих в них звезд. Расположение скоплений на небе. Метод группового параллакса определения расстояний до скоплений.

§ 8.11. Основы галактической астрономии.

Представление о строении нашей Галактики. Движение Солнца в Галактике.

Смежные вопросы математики.

Логарифмическое исчисление. Площадь поверхности сферы. Телесный угол. Приближенные вычисления. Правила округления, число значащих цифр. Степенная запись и приближенные вычисления с большими и малыми числами. Анализ графиков.

Смежные вопросы физики.

Общее понятие энергии, мощности, потока энергии, плотности потока энергии, яркости, освещенности. Понятие об электромагнитных волнах, длина волны, период и частота, скорость распространения, диапазоны электромагнитных волн. Понятие об абсолютно черном теле. Виды теплопередачи. Эффект Доплера. Понятие центра масс.

Раздел 9. Астрономическая оптика (базовый цикл).

§ 9.1. Ограничение разрешающей способности телескопа.

Понятие о дифракции. Дифракционное ограничение разрешающей способности телескопа.

§ 9.2. Светосила и проницающая способность телескопа.

Относительное отверстие телескопа, его проницающая способность. Видимый блеск точечных и протяженных источников при наблюдении в телескоп. Представление об ограничениях на проницающую способность телескопа (фон ночного неба).

§ 9.3. Основные приемники излучения.

Свойства и строение человеческого глаза. Дневное и ночное зрение. Равнозрачковое увеличение телескопа. Фотоаппараты. Диафрагма, время экспозиции. ПЗС-матрицы, строение и принципы работы. Отношение сигнал/шум. Аберрации оптики. Виньетирование, глубина резкости.

Смежные вопросы физики.

Понятие об интерференции и дифракции. Пределы применимости геометрической оптики. Понятие о дифракции света. Свойства и строение человеческого глаза. Аберрации оптики.

УРОВЕНЬ VII (9 класс, заключительный этап; 10 класс, региональный этап; 11 класс, муниципальный этап).

Раздел 10. Небесная механика (базовый цикл).

§ 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу.

Эллипс, его характеристики – большая и малая оси, эксцентриситет. Три закона Кеплера для случая большой центральной массы. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Импульс и момент импульса. Перицентр и апоцентр, скорость движения в этих точках. Параболическая (вторая космическая) скорость. Эксцентриситет и скорости в перицентре параболы и гиперболы.

§ 10.2. Небесная механика в Солнечной системе.

Характеристики орбит планет, карликовых планет и астероидов. Кометы, их движение в Солнечной системе. Геоцентрическая и гелиоцентрическая скорость. Метеорные потоки, радианты. Межпланетные перелеты по траектории Цандера-Гомана. Великие противостояния Марса. Фаза произвольного освещенного шара, равенство линейной и площадной фазы. Изменение видимой яркости планет и комет по ходу их движения для случая эллиптических орбит с учетом фазы. Движение спутников планет. Третья космическая скорость, гравитационная связанность системы.

§ 10.3. Система Солнце – Земля – Луна.

Характеристики орбиты Луны, перигей и апогей. Солнечные и лунные затмения для случая произвольных расстояний до Солнца и Луны. Кольцеобразно-полные затмения Солнца. Покрытия Луной звезд и планет, условия их наблюдений. Либрации Луны.

§ 10.4. Задача двух тел и звездная динамика.

Распространение законов Кеплера на случай произвольных масс. Обобщенный III закон Кеплера для эллиптического движения. Приведенная масса. Доплеровский метод открытия и анализа двойных систем и экзопланет. Элементы орбит двойных звезд и экзопланет (элементарные случаи). Восстановление характеристик орбит двойных звезд из наблюдений (элементарные случаи). Движение звезд в поле центрально-симметричных масс (звездных скоплений, центров галактик).

Смежные вопросы математики.

Эллипс, связь различных характеристик эллипса. Площадь эллипса. Понятие о параболе и гиперболе. Теоремы синусов и косинусов. Сложение и вычитание векторов. Формулы приближенного вычисления для малых параметров.

Смежные вопросы физики.

Импульс, момент инерции, момент импульса. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса для случая точечных масс. Космические скорости. Движение в поле сферически-симметричной массы.

Раздел 11. Небесная сфера (базовый цикл).

§ 11.1. Уравнение времени.

Истинное и среднее Солнце. Истинное и среднее солнечное время, уравнение времени, его характерные значения на протяжении года. Аналемма.

§ 11.2. Аберрация света и поправки к координатам светил.

Топоцентрические и геоцентрические координаты. Изменение видимых положений светил вследствие движения Земли. Параллактический и аберрационный эллипсы звезд на разных эклиптических широтах. Поправки к гелиоцентрическим координатам и лучевым скоростям звезд.

§ 11.3. Прецессия оси вращения Земли.

Предварение равноденствий, звездный (сидерический) и тропический год, их соотношение. Изменение экваториальных и эклиптических координат звезд вследствие прецессии. Нутация (качественно).

Смежные вопросы математики.

Работа с графиками и таблицами. Линейная аппроксимация, определение коэффициентов линейной зависимости. Оценка погрешностей прямых и косвенных измерений. Понятие о среднеквадратическом отклонении.

Смежные вопросы физики.

Момент силы, момент импульса, импульс момента силы. Основное уравнение динамики вращательного движения.

УРОВЕНЬ VIII (10 класс, заключительный этап; 11 класс, региональный этап).

Раздел 12. Элементы астрофизики (базовый уровень).

§ 12.1. Квантовая природа света.

Квантово-механическая модель атома. Понятие об энергетических уровнях электронов. Квантовые и волновые свойства света. Фотоны, фотоэффект. Энергия и импульс квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Эффект Пойнтинга-Робертсона.

§ 12.2. Основы спектрального анализа.

Спектр излучения. Понятие спектральной линии излучения и поглощения, линейчатый и непрерывный спектр. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Виды задания спектра (как функции частоты или длины волны).

§ 12.3. Спектр излучения звезд.

Характерный вид спектра излучения абсолютно черного тела. Закон смещения Вина. Фотометрические системы UBVRI, показатели цвета. Цветовая температура. Болометрическая звездная величина, болометрическая поправка. Потемнение дисков звезд к краю.

§ 12.4. Классификация звезд.

Спектральные классы звезд, их связь с эффективной температурой. Классы светимости звезд (сверхгиганты, гиганты, карлики). Диаграммы «спектр-светимость» и

«цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела), главная последовательность. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.

§ 12.5. Ядерная физика и механизмы энерговыделения звезд.

Динамическая, тепловая и ядерная шкалы, их характерные времена. Связь массы и энергии покоя. Дефект массы, энергия связи и зависимость удельной энергии связи от числа нуклонов. Синтез и распад, выделение энергии (качественно). Законы сохранения заряда и энергии в ядерных реакциях. Свойства элементарных частиц. Условия протекания термоядерных реакций в недрах звёзд, протон-протонный цикл. Нейтрино.

§ 12.6. Эволюция нормальных звезд.

Звездообразование, его области в Галактике. Масса Джинса. Типы звездного населения в галактиках. Стадия главной последовательности. Стадия красного гиганта, синтез тяжелых элементов в ядре. Равновесие и перенос энергии в звездах. Эволюционные треки маломассивных и массивных звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела, вид этой диаграммы для звездных скоплений, определение их возраста по положению «точки поворота». Звездные ассоциации.

§ 12.7. Пульсирующие переменные звезды.

Цефеиды, их характеристики. Зависимость «период-светимость», определение расстояний. Представление о полосе нестабильности на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Звезды типа RR Лиры, долгопериодические переменные звезды.

§ 12.8. Поздние стадии эволюции звезд.

Белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Пределы Чандрасекара, Оппенгеймера-Волкова. Гравитационный радиус. Новые звезды. Сверхновые звезды, их классификация и основные свойства. Планетарные туманности и остатки вспышек сверхновых. Пульсары.

§ 12.9. Межзвездная среда.

Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Пылевые облака. Области H I и H II. Молекулярные облака. Линия 21 см. Газовые и диффузные туманности.

§ 12.10. Галактики и основы космологии.

Классификация и наблюдательные свойства галактик. Местная группа галактик. Типы звездного населения. Сверхмассивные черные дыры в галактиках, активные ядра галактик, квазары. Закон Хаббла, красное смещение.

Смежные вопросы математики.

Производная функции. Исследование функций на основе производной, геометрический смысл производной.

Смежные вопросы физики.

Квантовые и волновые свойства света. Фотоны. Энергия и импульс фотонов. Внешний фотоэффект. Давление света. Квантово-механическая модель атома. Постулаты Бора. Стационарные состояния атома. Понятие об энергетических уровнях электронов в атоме. Виды спектров. Спектральный анализ. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Связь массы и энергии. Дефект массы, энергия связи и удельная энергия связи. Законы сохранения в ядерной физике. Синтез и распад ядер. Термоядерные реакции. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон, нейтрино). Свойства идеального газа. Понятие о температуре, давлении газа, концентрации частиц.

УРОВЕНЬ IX (10 класс, заключительный этап).

Раздел 13. Небесная сфера (углубленный уровень).

§ 13.1. Суточные пути светил (общий случай).

Основы сферической тригонометрии. Параллактический треугольник. Преобразования горизонтальных, экваториальных и эклиптических координат. Вычисление углового расстояния между точками небесной сферы для произвольного случая. Азимуты и часовые углы восхода и захода светил для произвольного склонения и широты.

§ 13.2. Система Солнце-Земля-Луна (общий случай).

Вращение линии узлов и линии апсид лунной орбиты, тропический, аномалистический и драконический месяцы. Наклон лунной орбиты к эклиптике, условия для наступления солнечных и лунных затмений различных типов. Циклы затмений, сарос. Серии покрытий Луной звезд и планет. Предельная эклиптическая широта и расстояние от узла для наступления затмений различных типов, покрытия звезды или планеты.

§ 13.3. Движение близких тел в небе Земли (общий случай).

Видимый путь Луны и искусственных спутников в небе Земли. Триангуляция близких объектов (спутников, метеоров). Учет несферичности Земли. Основы современных систем спутниковой навигации.

§ 13.4. Галактическая система координат.

Основные точки и большие круги, преобразования в другие системы небесных координат. Положение центра Галактики и галактических полюсов в небе Земли. Характерные положения различных типов небесных объектов в галактической системе координат.

Смежные вопросы математики.

Основы сферической тригонометрии, сферические теоремы синусов и косинусов. Площадь шарового слоя, участка сферы. Линейная аппроксимация, определение ее коэффициентов.

УРОВЕНЬ X (11 класс, заключительный этап).

Раздел 14. Небесная механика (углубленный цикл).

§ 14.1. Элементы орбит.

Пространственное положение орбиты, кеплеровы элементы, основные точки и направления. Элементы параболической и гиперболической орбиты. Эксцентриситет, прицельный параметр и угол между асимптотами гиперболы. Орбиты двойных звезд и экзопланет в проекции на небесную сферу (общий случай).

§ 14.2. Движение в поле тяжести двух и более тел.

Точки Лагранжа. Приливное ускорение. Сфера Хилла, полость Роша. Представление об устойчивости систем. Изменение орбит малых планет и комет при сближении с большими планетами, активные и пассивные гравитационные маневры. Высота приливов (элементарная теория). Приливное разрушение спутников (элементарная теория). Приливное трение (качественное представление).

§ 14.3. Движение систем с переменной массой и энергией.

Уравнения Циолковского и Мещерского. Теорема о вириале для гравитационно-связанных систем. Движение спутников в атмосферах планет, движение тел около звезд с сильным звездным ветром. Эволюция тесных двойных систем. Понятие о гравитационных волнах.

Смежные вопросы математики.

Парабола и гипербола, их геометрические свойства и характеристики. Понятие производной функции, ее геометрический и физический смысл.

Раздел 15. Астрофизика и космология (углубленный цикл).

§ 15.1. Формула Планка.

Спектральная мощность излучения единицы поверхности. Формула Планка, приближения Релея-Джинса и Вина, область их применимости. Яркостная температура. Закон Кирхгофа.

§ 15.2. Гидростатическое равновесие звезд.

Взаимодействие излучения с зарядами. Гидростатическое равновесие звезд, предел светимости Эддингтона.

§ 15.3. Основы спектроскопии.

Интерференция и дифракция. Дисперсия света, спектральные приборы (призма, дифракционная решетка). Спектральное разрешение. Спектры различных астрономических объектов. Влияние температуры среды на ширину спектральной линии.

§ 15.4. Перенос излучения в среде.

Преломление света и атмосферная рефракция для произвольного положения объекта. Спектральная зависимость преломления, «зеленый луч». Влияние преломления на яркостные характеристики объектов. Оптическая толщина. Поглощение и рассеяние света в атмосферах Земли и планет, закон Бугера. Отражение света различными поверхностями, закон Ламберта. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны. Избыток цвета, трехцветные диаграммы, звездная величина объекта на заданном расстоянии при наличии поглощения. Метод фотометрического параллакса определения расстояний до звезд.

§ 15.5. Всеволновая астрономия.

Приемники излучения в гамма-, рентгеновской, ультрафиолетовой, инфракрасной и радиоастрономии. Янский. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров.

§ 15.6. Физика атмосфер планет.

Тепловой баланс планет и парниковый эффект. Озоновый слой в атмосфере Земли, его оптические свойства. Серебристые облака. Строение атмосфер планет Солнечной системы, представления об атмосферах экзопланет.

§ 15.7. Магнетизм во Вселенной.

Дипольное магнитное поле. Магнитное поле токового слоя. Магнитное давление. Магнитосферы небесных тел. Энергия магнитного поля и его переход в другие формы энергии.

§ 15.8. Галактика и галактики.

Строение и морфология галактик различных типов. Кривые вращения, темная материя. Функции светимости звезд, начальная функция масс, отношение «масса/светимость». Соотношения Талли-Фишера и Фабер-Джексона.

§ 15.9. Основы теории относительности.

Принцип относительности, принцип инвариантности скорости света. Преобразования Лоренца, релятивистское сложение скоростей. Сокращение длины и замедление времени. Эффект «светового эхо». Релятивистский эффект Доплера. Гравитационное красное смещение (в слабых полях). Представление о гравитационном линзировании.

§ 15.10. Космология.

Крупномасштабная структура Вселенной. Прошлое и будущее Вселенной. Расширение Вселенной. Масштабный фактор. Модель однородной изотропной Вселенной. Уравнение Фридмана (качественное понимание), эволюция масштабного фактора в рамках ньютоновской физики. Критическая плотность Вселенной. Барионное вещество, темная материя и темная энергия. Реликтовое излучение, его свойства.

Смежные вопросы математики.

Интегрирование простейших функций и его геометрический смысл. Приложение дифференциальных уравнений в задачах по физике и астрономии.

Смежные вопросы физики.

Волновые свойства света. Понятие об интерференции, дифракции, дисперсии света. Магнитное поле. Магнитная индукция. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Основы специальной теории относительности. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей. Релятивистское сокращение длины и замедление времени.

Приложение 2.

Форма бланка заданий

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

(ШКОЛЬНЫЙ, МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

возрастная группа (____ класс)

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) и тестовые задания.

Время выполнения заданий тура (_) академических часа.

Выполнение теоретических (письменных) заданий целесообразно организовать следующим образом:

– не спеша, внимательно прочитайте задание и определите, наиболее верный и полный ход решения и ответ;

– отвечая на теоретический вопрос, обдумайте и сформулируйте конкретный ответ только на поставленный вопрос;

– если Вы отвечаете на задание, связанное с заполнением таблицы или схемы, не старайтесь чрезмерно детализировать информацию, вписывайте только те сведения или данные, которые указаны в вопросе;

– после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности выбранных Вами ответов и решений.

Выполнение заданий целесообразно организовать следующим образом:

– не спеша, внимательно прочитайте задание;

– определите, какой из предложенных вариантов ответа (в случае использования заданий с выбором ответа) наиболее верный и полный;

– напишите букву (цифру), соответствующую выбранному Вами ответу;

– продолжайте, таким образом, работу до завершения выполнения тестовых заданий;

– после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности ваших ответов.

Не спешите сдавать решения досрочно, еще раз проверьте все решения и ответы.

Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его членам жюри.

Максимальная оценка – (_) баллов.

ЗАДАНИЕ 1. _____

_____

Максимальный балл – (_)

ЗАДАНИЕ 2. _____

_____

Максимальный балл – (_)

…

Приложение 3.

Форма бланка ответов

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

Всероссийская олимпиада школьников _____ этап

Заполняется ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ чернилами черного или синего цвета по образцам:

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	@	8	9	,
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	1	2	3	4	5	6	7	0	.

ПРЕДМЕТ **КЛАСС**

ДАТА . . .

ШИФР УЧАСТНИКА

ФАМИЛИЯ

ИМЯ

ОТЧЕСТВО

Документ, удостоверяющий личность

☐ свидетельство о рождении ☐ паспорт

серия **номер**

Гражданство

☐ Российская Федерация

☐ Иное

Дата рождения . . .

Домашний телефон участника + 7

Мобильный телефон участника + 7

Электронный адрес участника

Муниципалитет

Сокращенное наименование образовательной организации (школы)

Сведения о педагогах-наставниках

1. Фамилия
   Имя
   Отчество

Сокращенное наименование образовательной организации (школы)

2. Фамилия
   Имя
   Отчество

Сокращенное наименование образовательной организации (школы)

Личная подпись участника

Все поля обязательны к заполнению!

Приложение 4.

Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МУНИЦИПАЛЬНАЯ (РЕГИОНАЛЬНАЯ) ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ШКОЛЬНОГО (МУНИЦИПАЛЬНОГО) ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ АСТРОНОМИИ

2021/2022 учебный год

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (___ классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать ___ баллов.

7–8 КЛАССЫ

ЗАДАНИЕ 1.

Условие.

Решение.

Критерии оценивания (максимум – (_) баллов).

ЗАДАНИЕ 2.

Условие.

Решение.

Критерии оценивания (максимум – (_) баллов).

….

Приложение 5.

Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде

Основные физические и астрономические постоянные

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

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

Постоянная Больцмана $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ м^2·кг·с$^{-2}$·К$^{-1}$

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

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

Постоянная Планка $h = 6.626 \cdot 10^{-34}$ кг·м^2·с$^{-1}$

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

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

Элементарный заряд $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ Кл

Астрономическая единица 1 а.е. = 1.496·1011 м

Парсек 1 пк = 206265 а.е. = 3.086·1016 м

Постоянная Хаббла $H = 72$ (км/с)/Мпк

Данные о Солнце

Радиус 697 000 км

Масса $1.989 \cdot 10^{30}$ кг

Светимость $3.88 \cdot 10^{26}$ Вт

Спектральный класс G2

Видимая звездная величина -26.78^m

Абсолютная болометрическая звездная величина $+4.72^m$

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 0.0167

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° 26′ 21.45″

Экваториальный радиус 6378.14 км

Полярный радиус 6356.77 км

Масса $5.974 \cdot 10^{24}$ кг

Средняя плотность 5.52 г·см$^{-3}$

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

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Минимальное расстояние от Земли 356410 км

Максимальное расстояние от Земли 406700 км

Средний 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

Период прецессии узлов орбиты 18.6 лет

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

Средняя плотность 3.34 г·см$^{-3}$

Визуальное геометрическое альбедо 0.12

Видимая звездная величина в полнолуние -12.7^{m}

Видимая звездная величина в первой/последней четверти -10.5^{m}

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	697000	109.3	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	26.73	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

Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцент-риситет	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

Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геомет-рич. альбедо	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см^3	км	сут		m
Земля							
Луна	$7.348\cdot10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	–12.7
Марс							
Фобос	$1.08\cdot10^{16}$	~10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	$1.8\cdot10^{15}$	~6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	$8.94\cdot10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	$4.8\cdot10^{22}$	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	$1.48\cdot10^{23}$	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	$1.08\cdot10^{23}$	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
Сатурн							
Тефия	$7.55\cdot10^{20}$	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	$1.05\cdot10^{21}$	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	$2.49\cdot10^{21}$	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	$1.35\cdot10^{23}$	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	$1.88\cdot10^{21}$	730	1.21	3560800	79.33018	0.2	~11.0
Уран							
Миранда	$6.33\cdot10^{19}$	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	$1.7\cdot10^{21}$	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	$1.27\cdot10^{21}$	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	$3.49\cdot10^{21}$	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	$3.03\cdot10^{21}$	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
Нептун							
Тритон	$2.14\cdot10^{22}$	1350	2.07	354800	5.87685**	0.7	13.5

* для полнолуния или среднего противостояния внешних планет

** обратное направление вращения

Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx tg\, x \approx x;$$
$$\sin(\alpha + x) \approx \sin\alpha + x\cos\alpha;$$
$$\cos(\alpha + x) \approx \cos\alpha - x\sin\alpha;$$
$$tg(\alpha + x) \approx tg\,\alpha + \frac{x}{\cos^2\alpha};$$
$$(1+x)^n \approx 1 + nx;$$

($x << 1$, углы выражаются в радианах).

Приложение 6.
Примеры олимпиадных заданий школьного этапа

№ 1. (Класс: 5–11, тема из программы в Приложении 1: 1.1 – «Звездное небо», категория – 1.)

Условие. Юный астроном на Земле наблюдает Луну в созвездии Овна. В тот же момент времени астронавт, находящийся на Луне, смотрит на Землю. Звезды какого созвездия окружают Землю для астронавта? Ответ обоснуйте.

Решение. Юный астроном на Земле и астронавт на Луне смотрят в противоположные стороны. Следовательно, астронавт видит Землю в созвездии, противолежащем на небе Овну. Это созвездие Весов.

№ 2. (Класс: 5–11, тема: 1.3 – «Луна, ее свойства и движение», категория – 1.)

Условие. Юный астроном на Земле любуется полной Луной. В какой фазе в это время видит Землю астронавт, находящийся на поверхности Луны?

Решение. Так как в фазе полнолуния поверхность Луны, обращенная к Земле, полностью освещена Солнцем, то в это же время поверхность Земли, обращенная к Луне, отвернута от Солнца. Следовательно, астронавт видит «новоземелие», т. е. полностью неосвещенную Землю.

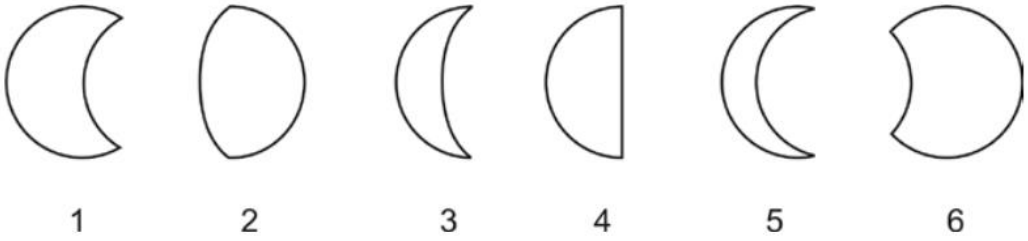
№ 3. (Класс: 5–11, тема: 1.3 – «Луна, ее свойства и движение», категория – 1.)

Условие. В какой фазе была Луна за 2 две недели до лунного затмения?

Решение. Лунное затмение – это явление, когда Луна попадает в тень Земли, а это значит, что в этот момент Солнце, Земля и Луна оказываются на одной прямой таким образом, что Земля оказывается точно между Солнцем и Луной. Полный оборот вокруг Земли Луна совершает примерно за месяц. Значит, за две недели до затмения Луна находилась с противоположной стороны от Земли, т. е. между Солнцем и Землей. Эта фаза называется новолунием.

№ 4. (Класс: 5–11, тема: 1.3 – «Луна, ее свойства и движение», категория – 1.)

Условие. На рисунке представлены зарисовки разных фаз Луны и частных фаз различных солнечных затмений. Укажите в ответе номера зарисовок, относящихся к затмениям. Объясните критерии отбора.



Решение. Основной критерий отбора – концы границы «свет–тень» (терминатора) у лунных фаз лежат на одном диаметре диска, а у солнечных затмений – нет (при фазах затмения, очень близких к полной, хорда, соединяющая концы солнечного «рога», приближается к диаметру, но таких фаз в условии нет). Ответ: 1, 5, 6.

№ 5. (Класс: 5–11, тема: 2.1 – «Солнце и планеты», категория – 1.)

Условие. Венера, Марс, Юпитер, Солнце, Нептун. Найдите лишний объект в этом списке и объясните свой выбор.

Решение. Лишний объект – Солнце, т. к. это звезда, а остальные объекты – планеты.

№ 6. (Класс: 5–11 , тема: 2.1 – «Солнце и планеты», категория – 1.)

Условие. Среднее расстояние от Юпитера до Солнца равно 778.5 млн км. Чему равно расстояние от Юпитера до Солнца в астрономических единицах (1 а.е.), если 1 а.е. = 150 млн км?

Решение. В астрономических единицах расстояние будет равно $L = 778.5/150 = 5.2$ а.е.

№ 7. (Класс: 5–11, тема: 2.1 – «Солнце и планеты», категория – 1.)

Условие. С какой планеты Солнечной системы Земля будет выглядеть ярче в максимуме блеска – с Венеры или с Нептуна? Почему?

Решение. Земля будет ярче будет выглядеть с Венеры, т. к. Земля гораздо ближе к Венере.

№ 8. (Класс 5–11, тема: 2.2 – «Звезды и расстояния до них», категория – 1.)

Условие. Расстояние до звезды составляет 4 парсека. За какое время эту звезду достигнет зонд, запущенный с Земли со скоростью, равной 1/15 скорости света? Ответ выразите в годах. Подсказка: 1 парсек = 13/4 световых года.

Решение. 4 парсека = 13 световых лет, то есть свет пролетает это расстояние за 13 лет. Зонд в 15 раз медленнее, ему нужно в 15 раз больше времени, то есть 195 лет.

№ 9. (Класс: 5–11, тема: 2.2 – «Звезды и расстояния до них», категория – 1.)

Условие. Расстояние до ближайшей к Земле звезды, Проксимы Центавра, составляет 4.2 световых года. Сколько времени займет перелет с Земли на Проксиму Центавра, если скорость космического корабля составляет 2% от скорости света?

Решение. Скорость звездолета составляет 2% или 1/50 от скорости света. Если свет проходит расстояние до Проксимы центавры за 4.2 года (расстояние до звезды 4.2 св. года), значит, звездолет пройдет это расстояние за время в 50 раз большее, т. е. примерно за 210 лет.

№ 10. (Класс: 5–11, тема: 2.3 – «Объекты далекого космоса», категория – 1.)

Условие. Расставьте эти объекты в порядке увеличения их размеров: Галактика, Юпитер, Луна, Солнце, Земля.

Решение. Луна, Земля, Юпитер, Солнце, Галактика.

№ 11. (Класс: 7–11, тема: 3.1 – «Географические координаты», категория – 1.)

Условие. Определите координаты точки на Земле, которая противоположна точке с координатами 30° в. д., 30° с. ш.

1) 30° з. д., 30° ю. ш.;

2) 120° в. д., 60° ю. ш.;

3) 150° з. д., 30° с. ш.;

4) 150° з. д., 30° ю. ш.;

5) 30° з. д., 60° ю. ш.;

6) 30° в. д., 60° с. ш.;

7) 30° в. д., 30° ю. ш.

Решение. Широты откладываются от экватора к полюсам, поэтому искомая точка должна иметь такое же значение широты, но к югу от экватора. Долготы откладываются от нулевого меридиана к западу и к востоку на 180°. Исходная точка находится в восточном полушарии, противоположная ей окажется в западном на расстоянии 30° от меридиана 180°, т. е. ее долгота 150° з. д. Правильный ответ: 4.

№ 12. (Класс: 7–11, тема: 3.2 – «Горизонтальные координаты на небесной сфере», категория – 1.)

Условие. Два поезда в момент захода Солнца выехали из пункта *A* с одинаковой скоростью на запад и восток. Пассажиры какого из них раньше встретят рассвет?

Решение. Пассажиры поезда, едущего на восток, движутся навстречу Солнцу, которое из-за вращения Земли движется по небу с востока на запад. Поэтому они встретят рассвет раньше пассажиров другого поезда, который уезжает «от Солнца».

№ 13. (Класс: 7–11, тема: 3.2 – «Горизонтальные координаты на небесной сфере», категория – 1.)

Условие. Наблюдатель движется по Земле от экватора к Северному полюсу. Выберите верное утверждение:

1) Полярная звезда будет каждый день заходить за горизонт на западе и всходить на востоке.
2) Полярная звезда будет оставаться на небе в том же месте.
3) Полярная звезда будет опускаться всё ближе к горизонту.
4) Полярная звезда будет подниматься всё выше над горизонтом.
5) Полярная звезда будет двигаться по окружности, центр которой будет оставаться на неизменной высоте над горизонтом.

Решение. Наблюдатель на экваторе видит Полярную звезду на горизонте. По мере движения к северу, т. е. в направлении на Полярную звезду, звезда будет подниматься вверх. Если наблюдатель достигнет полюса, то будет видеть Полярную над головой. Положение Полярной звезды не совпадает в точности с Полюсом мира, поэтому она будет совершать суточные движения по небольшой окружности, но центр этой окружности будет подниматься всё выше над горизонтом по мере приближения к Северному полюсу.

№ 14. (Класс: 8–11, тема: 4.1 – «Угловые измерения на небе», категория – 1.)

Условие. На какое расстояние нужно отдалиться от Земли, чтобы её видимый угловой размер стал равен размеру лунного диска на земном небе?

Радиус Луны считайте равным 1737 км, радиус Земли – 6371 км, расстояние от Земли до Луны – 384 400 км. Выразите ответ в диаметрах Земли.

Решение. Угол, под которым наблюдается объект, обратно пропорционален расстоянию до него (в приближении малых углов). Радиус Земли в 6371/1737 ≈ 3,67 раза больше радиуса Луны, следовательно, угловой размер Земли будет равен лунному на расстоянии, в 3.67 раз большем расстояния от Земли до Луны, 384400 · 3,67 / 6371 ≈ 111 земных диаметров.

№ 15. (Класс: 8-11, тема: 4.2 – «Параллакс и геометрические способы измерения расстояний», категория – 1.)

Задача. Расстояние до Проциона (α Малого Пса) равно 11.5 св. года. Чему равен его параллакс?

Решение. Расстояние до этой звезды в парсеках равно $L = 11.5 / 3.26 \approx 3{,}53$ пк. Значит, параллакс равен $\pi = 1/L = 3{,}26 / 11{,}5 \approx 0{,}283''$.

№ 16. (Класс: 8–11, тема: 4.6 – «Основы летоисчисления», категория – 1.)

Условие. Февраль 1960 года закончился в понедельник. А в какой день недели в 1960 году праздновал свое 25-летие будущий советский космонавт В. В. Аксёнов, если он родился 1 февраля? Объясните свой ответ.

Решение. 1960 год – високосный, т. е. тогда в феврале было 29 дней. Если 29 февраля было понедельником, то и 1 февраля было понедельником.

№ 17. (Класс: 9–11, тема: 5.2 – «Малые тела Солнечной системы», категория – 1.)

Условие. Расставьте отдельные объекты и их группы в порядке удаления от Солнца: Марс, Венера, Юпитер, Нептун, облако Оорта, главный пояс астероидов, Земля.

Решение. Венера – Земля – Марс главный пояс астероидов Юпитер Нептун облако Оорта.

Приложение 7.

Примеры олимпиадных заданий муниципального этапа

№ 1. (Класс: 7–11, тема из программы в Приложении 1: 3.1 – «Географические координаты», категория – 2.)

Условие. С какой линейной скоростью движется Санкт-Петербург (широта 60°) за счет вращения Земли вокруг своей оси?

Справочные данные: радиус Земли $R_З = 6400$ км.

Решение. Точка на экваторе Земли за счет суточного вращения движется со скоростью $2\pi R_З/(24 \cdot 3600) = 0.5$ км/с. Радиус параллели на широте φ меньше радиуса экватора в (cos φ) раз. Таким образом, длина параллели 60° в 2 раза меньше, чем длина экватора. Следовательно, линейная скорость движения Петербурга в 2 раза меньше, чем скорость точки на экваторе, т. е. 0.25 км/с.

№ 2. (Класс: 7–11, тема: 3.2 – «Горизонтальные координаты», 4.1 – «Угловые измерения», категория – 1.)

Условие. Определите угловое расстояние в градусах (с точностью несколько угловых минут) между Геммой (α Северной Короны) и Ункалхаи (α Змеи), если известны их координаты: Гемма (азимут A_1=169°, высота h_1=61°), Ункалхаи (азимут A_2=169°, высота h_2=40°).

Решение. Азимут этих звезд одинаков. Значит они лежат на одном круге высоты, а расстояние между ними равно $| h_2 - h_1 | = 21°$.

№ 3. (Класс: 7–11, тема: 3.2 – «Горизонтальные координаты», категория – 1.)

Условие. Пусть при наблюдениях из Москвы астрономический азимут некой звезды на небе составляет 56°, а высота над горизонтом равна 37°. Как азимутальные координаты звезды изменятся через 5 минут? Выберите верное утверждение. Азимут отсчитывается от точки юга.

1) Азимут уменьшится, высота уменьшится.

2) Азимут уменьшится, высота увеличится.

3) Азимут увеличится, высота уменьшится

4) Азимут увеличится, высота увеличится

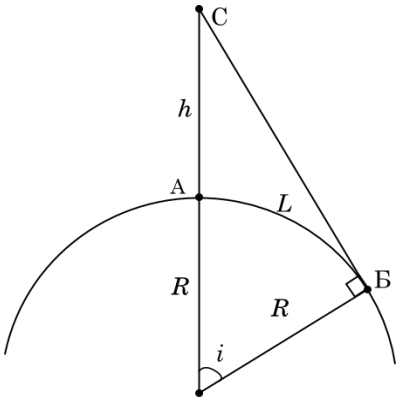
Решение. Поскольку азимут отсчитывается от точки юга в сторону точки запада, то звезда находится в западном полушарии, т. е. звезда заходит. Значит, ее высота должна

уменьшаться. Москва находится в северном полушарии, значит, глядя на юг, мы увидим, что звезды смещаются слева направо, с востока на запад. Следовательно, азимут звезды будет увеличиваться. Правильный ответ – 3.

№ 4. (Класс: 7–11, тема из программы в Приложении 1: 4.2 – «Параллакс и геометрические способы измерения расстояний», категория – 2.)

Условие. Искусственный спутник движется по круговой орбите на высоте 6400 км над поверхностью Земли. Вы находитесь в Москве и видите спутник прямо над головой. На каком максимальном расстоянии от Вас (по поверхности Земли) может находиться Ваш приятель, чтобы он мог видеть этот спутник одновременно с Вами?

Решение. В момент наблюдения вы находитесь в точке *А*, Ваш приятель – в точке *Б*, а спутник в точке *С*. Необходимо найти дугу окружности Земли *L*.



$L = (i / 180) \cdot \pi R$.

Из прямоугольного треугольника $\cos i = R / (R+h)$.

В данном случае $h = R = 6400$ км, поэтому $\cos i = 0.5$, следовательно, $i = 60°$.

Отсюда, $L \approx 6700$ км.

№ 5. (Класс: 7–11, тема: 4.4 – «Экваториальные координаты и время», категория – 1.)

Условие. Представим, что Земля перестала вращаться вокруг своей оси. Чему тогда будут равны сутки (в часах)?

Решение. Солнечные сутки – это промежуток времени между двумя последовательными восходами или заходами Солнца. Если Земля перестанет вращаться, то время между двумя последовательными восходами Солнца на Земле будет равно одному году (время, за которое Земля совершит один оборот вокруг Солнца). Т. к. в году 365 дней, а в каждом дне 24 часа, то продолжительность суток на Земле будет равна $365 \cdot 24 = 8760$ часов.

№ 6. (Класс: 7–11, тема: 4.4 – «Экваториальные координаты и время», категория – 1.)

Условие. Время в Санкт-Петербурге (30º в.д.) и Хабаровске различается на 7 часов. Какова долгота Хабаровска, если известно, что оба города находятся приблизительно в центре своих часовых поясов, и солнечный полдень наступает там в одно и то же поясное время?

Решение. На Земле 24 часовых пояса соответствуют 360º, т. е. на 1 час приходится 15º. Т. к. разница во времени составляет 7 часов, то это соответствует 7·15º = 105º. Прибавляем 105º к 30º и получаем долготу Хабаровска: 135º.

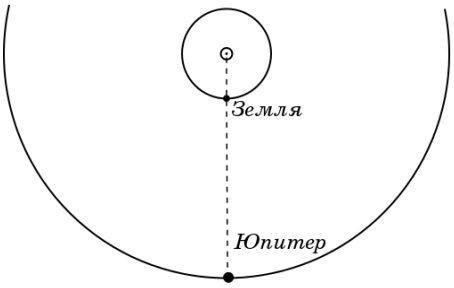
№ 7. (Класс: 7–11, тема: 4.4 – «Экваториальные координаты и время», категория – 2.)

Условие. 22 сентября в некотором городе России Солнце взошло на 6 часов 40 минут раньше, чем в Твери (36º в.д.). Оцените географическую долготу этого города.

Решение. Восход 22 сентября происходит в окрестности момента весеннего равноденствия, поэтому интервал времени между восходом и заходом Солнца не зависит от широты и составляет 12 часов. Поэтому данный город находится восточнее Твери на 6 часов 40 минут (если измерять долготу в часовой мере). Учитывая, что 360º соответствуют 24 часам, получаем, что один градус соответствует 4 минутам времени, поэтому город находится на (6·60+40)/4=100º восточнее Твери, и его долгота – 136º в.д.

№ 8. (Класс: 8–11, тема: 5.1 – «Кинематика Солнечной системы», категория – 2.)

Условие. Известно, что Юпитер расположен от Солнца в 5 раз дальше, чем Земля. Однажды во Владивостоке в полночь юный астроном, наблюдая в телескоп Юпитер в южной части неба, заметил внезапное изменение в его атмосфере. Насколько раньше это изменение произошло на самом Юпитере?



Решение. Если Юпитер наблюдался на юге в полночь (когда Солнце на севере), то в этот момент он находился ближе всего к Земле (см. рис.). Это значит, что в этот момент расстояние между Юпитером и Землей было в 5 – 1 = 4 раза больше, чем расстояние от Земли до Солнца. Известно, что свет от Солнца до Земли идёт 500 с. Следовательно, изменение в атмосфере Юпитера юный астроном заметил через 4·500 = 2000 с (т. е. чуть более получаса) после того, как оно произошло.

№ 9. (Класс: 8–11, тема: 5.1 – «Кинематика Солнечной системы», категория – 2.)

Условие. Какая планета проходит большее расстояние по орбите за 1 год – Марс или Юпитер? Орбиты считать круговыми. Обоснуйте свой ответ.

Решение. По III закону Кеплера $(T^2/a^3) = \text{const}$. Скорость планеты равна

$$V = 2\pi a/T = 2\pi a / (\text{const}\cdot a^3)^{1/2} = (2\pi / \text{const}) / a^{1/2}.$$

Значит, чем больше значение большой полуоси планеты (радиуса орбиты планеты), тем меньше должна быть скорость планеты. Таким образом, чем дальше планета от Солнца, тем меньшее расстояние она проходит за единицу времени. Т. е. Юпитер пройдет меньшее расстояние за 1 год, чем Марс.

Примечание: альтернативные способы нахождения зависимости скорости от радиуса орбиты (через обобщенный III закон Кеплера, решение задачи о равномерном движении по окружности, первую космическую скорость и т. п.) при отсутствии ошибок также оцениваются в полной мере.

№ 10. (Класс: 8–11, тема: 5.2 – «Малые тела Солнечной системы», категория – 1.)

Условие. Астероид обращается вокруг Солнца по круговой орбите за 8 лет. Чему равен радиус его орбиты?

Решение. По третьему закону Кеплера радиус орбиты тела вокруг Солнца r в астрономических единицах и период обращения по ней P в годах связаны следующим образом: $r^3 = P^2$. Следовательно, радиус орбиты астероида равен 4 а.е. или 6·108 км.

Примечание: альтернативные способы нахождения радиуса орбиты (через обобщенный III закон Кеплера, решение задачи о равномерном движении по окружности и т. п.) при отсутствии ошибок также оцениваются в полной мере.

№ 11. (Класс: 9–11, тема: 6.1 – «Малые тела Солнечной системы», категория – 2.)

Условие. Ускорение свободного падения на экзопланете составляет 1.2 земного, а радиус этой планеты равен 0.3 радиуса Земли. Найдите первую космическую скорость для этой экзопланеты. Ответ дайте в долях первой космической скорости для Земли.

Решение. Ускорение свободного падения выражается формулой $g = 2\,GM / R^2$.

Тогда первую космическую скорость можно получить в виде:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{GM}{R^2}R} = \sqrt{gR} = \sqrt{1.2\cdot 0.3} = 0.6.$$

№ 12. (Класс: 9–11, тема: 6.3 – «Движение спутников планет», категория – 2.)

Условие. Спутник Нептуна Тритон имеет радиус орбиты, равный радиусу орбиты Луны вокруг Земли, но делает один оборот вокруг Нептуна за 6 суток. Во сколько раз отличаются массы Нептуна и масса Земли? Какая из них больше?

Решение. Из закона всемирного тяготения и второго закона Ньютона следует, что центростремительное ускорение при движении по круговой орбите радиуса R вокруг тела массы M равно $a = GM / R^2$. С другой стороны, оно равно $a = v^2 / R$, где v – орбитальная скорость. Отсюда следует, что, если радиусы орбит одинаковы, масса M пропорциональна v^2. Луна делает оборот по своей орбите за 27.3 дня. Так как длины орбит одинаковы, то орбитальная скорость Тритона в 4.5 раз больше, чем орбитальная скорость Луны. Следовательно, масса Нептуна в $4.5^2 = 20$ раз больше массы Земли.

Примечание: альтернативные способы решения (через III закон Кеплера, первую космическую скорость и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются в полной мере.

№ 13. (Класс: 9–11, тема: 6.3 – «Движение искусственных спутников», категория – 2.)

Условие. На какой высоте и над какими точками над поверхностью Земли летают геостационарные спутники? Напомним, что геостационарный спутник постоянно «висит» над какой-то одной точкой земной поверхности.

Справочные данные: радиус орбиты Луны - 384 тыс. км, период обращения Луны вокруг Земли – 27.3 сут.

Решение. Спутник, плоскость орбиты которого не совпадает с плоскостью экватора, не может постоянно находиться над одной и той же точкой земной поверхности. Следовательно, все геостационарные спутники находятся над экватором, при этом период обращения такого спутника вокруг Земли должен совпадать с периодом обращения Земли вокруг своей оси (т. е. равняться примерно 24 часам).

По III закону Кеплера:

$$(T_Л / T_С)^2 = (ал / ас)^3,$$

$$ас = ал \cdot (T_С / T_Л)^{2/3} = 384 \cdot 10^3 \cdot (1 / 27.3)^{2/3} = 42.4 \cdot 10^3 \text{ км}.$$

Высота спутника над поверхностью Земли равна разности радиуса орбиты спутника и радиуса Земли, т. е. 42.4 – 6.4 = 36 тыс. км.

Примечание: альтернативные способы нахождения радиуса орбиты спутника (через обобщенный III закон Кеплера, решение задачи о равномерном движении по окружности и т.п.) при отсутствии ошибок также оцениваются полным баллом.

№ 14. (Класс: 10–11, тема: 8.2 – «Шкала звездных величин», категория – 2.)

Условие. Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Видна ли в него двойная звезда, каждая компонента которой имеет 19 звездную величину? Ответ обоснуйте.

Решение. По определению звездной величины звезда n-й величины ярче звезды (n+1)-й величины в $100^{1/5} \approx 2.5$ раза. Две звезды 19 величины ярче одной звезды 19 же величины только в 2 раза. Следовательно, такая двойная слабее, чем звезда 18 величины, и телескопу недоступна.

№ 15. (Класс: 10–11, тема: 8.3 – «Зависимость звездной величины от расстояния», категория – 2.)

Условие. Найдите абсолютную звёздную величину Алиота (ε Большой Медведицы), если видимая звёздная величина 1.76^{m}, а расстояние до звезды 25 пк. Ответ запишите с точностью до первого знака после запятой. Межзвёздное поглощение не учитывать.

Решение. Абсолютная звездная величина M связана с видимой звездной величиной m и расстоянием до звезды r выражением:

$$M = m + 5 - 5 \lg r = 1{,}76 + 5 - 5 \lg 25 \approx -0.2297 \approx -0.2.$$

№ 16. (Класс: 10–11, тема: 8.4 – «Электромагнитные волны», категория – 1.)

Условие. Какие виды излучения относятся к электромагнитному излучению?

1) α-излучение;
2) γ-излучение;
3) космические лучи;
4) микроволны;
5) β-излучение;
6) δ-излучение.

Решение. α-излучение – это ядра гелия, β-излучение – электроны, космические лучи – главным образом протоны. Все это частицы, и к электромагнитному излучению не относятся. δ-излучение науке не известно. Правильными ответами являются γ-лучи и микроволны.