

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по проведению школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2018/2019 учебном году

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	3
2. Характеристика содержания школьного этапа	3
3. Общие принципы разработки заданий и формирования комплекта	6
4. Методическая программа олимпиады по астрономии	10
6. Примеры заданий школьного этапа	19
7. Материально-техническое обеспечение школьного этапа олимпиады по астрономии	25
8. Процедура проведения школьного и этапа	25
9. Методика оценивания выполненных олимпиадных заданий	27
10. Процедура подведения итогов	28
11. Процедура отбора участников на следующие этапы	28
12. Список литературы	29
11. Информация об олимпиаде в сети Интернет	30
12. Справочная информация, подлежащая раздаче вместе с условиями заданий	30

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические подготовлены на основе методических рекомендаций Центральной предметно- методической комиссии всероссийской олимпиады школьников по астрономии и направлены для разъяснения соответствующим методическим комиссиям и жюри общих принципов проведения и составления заданий, и проведении школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2018/2019 учебном году в субъектах Российской Федерации. Методические рекомендации утверждены на заседании Центральной предметно-методической комиссии всероссийской олимпиады школьников по астрономии 25.06.2018 г. Протокол №1.

Школьный этап проводится 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, утвержденными Приказами Министерства образования и науки Российской Федерации №249 от 17 марта 2015 г., №1488 от 17 декабря 2015 г. и №1435 от 17 ноября 2016 г.

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

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА

В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады, школьный этап олимпиады проводится на базе учреждений общего образования в период с 1 сентября по 1 ноября 2018 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 шести возрастных параллелях: 5-6, 7, 8, 9, 10 и 11 классы. В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады, участник (в том числе моложе 5 класса) 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 (муниципального, регионального, заключительного) он будет выступать там в той же старшей параллели.

По ходу школьного этапа участникам предлагается комплект заданий, подготовленных отдельно для каждой из возрастных параллелей. Количество заданий в каждой возрастной параллели составляет не менее 4 и не более 6, в зависимости от возрастной параллели и длительности этапа. Рекомендуемая длительность этапа и число заданий приведены в таблице:

Возрастная параллель	5-6 кл	7 кл.	8 кл.	9 кл.	10 кл.	11 кл.
Длительность этапа (час)	1	1	1	2	2	2
Количество заданий	4	4	4	6	6	6

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, формируемой органом местного самоуправления образованием, и являются общими для всех образовательных учреждений, подконтрольных данному органу. Основные принципы формирования комплекта заданий описаны в части 4 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, формируется список участников муниципального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2018/2019 учебного года.

3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ЗАДАНИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКТА

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников является ее первым этапом. Его цель состоит в популяризации астрономических знаний среди широкого круга учащихся, укрепление системы школьного астрономического образования. Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников является ее вторым этапом. Его цель состоит в

выделении одаренных школьников, способных решать задачи повышенной сложности по данному предмету.

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 2018/2019 учебном году методические рекомендации по составлению заданий олимпиады разработаны в соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, принятым Министерством Образования и Науки Российской Федерации, приказ №1252 от 18 ноября 2013 года, с изменениями, утвержденными Приказами Министерства образования и науки Российской Федерации №249 от 17 марта 2015 г. , №1488 от 17 декабря 2015 г. и №1435 от 17 ноября 2016 г.

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится среди школьников 5-11 классов в шести 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.

Задания школьного этапа Всероссийской олимпиады по астрономии составляются на основе методической программы Всероссийской олимпиады школьников по астрономии (см. часть 5 настоящих рекомендаций).

Список вопросов состоит из шести параграфов в соответствии с количеством возрастных параллелей школьного этапа Всероссийской олимпиады. Он может использоваться при последовательном изучении предмета астрономии в рамках подготовки к разным этапам Всероссийской олимпиады. Каждая из тем списка вопросов может иметь несколько разделов, для которых указывается этап олимпиады, начиная с которого этот раздел может затрагиваться в олимпиадных заданиях данной возрастной параллели. Например, если тема входит в программу 9 класса с пометкой «*Муниципальный этап*», то она может быть описана в заданиях муниципального, регионального и заключительного этапа олимпиады в 9 классе, а также на любом этапе олимпиады в 10-11 классах. Таким образом, программа школьного и муниципального этапов может охватывать все темы и понятия, описанные в методической программе всех этапов предыдущих возрастных параллелей.

Методическая программа олимпиады по астрономии, в частности, включает в себя основные понятия и вопросы из курсов физики и математики, необходимые для решения олимпиадных заданий по астрономии на данном этапе в данной возрастной параллели. Эти понятия также описаны в программе.

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.

Исходя из целей и задач школьного этапа Всероссийской олимпиады по астрономии, рекомендуется предлагать школьникам 6-8 классов по 4 задания, а школьникам 9-11 классов по 6 заданий. Каждое задание комплекта не должно быть связано с другими заданиями в этой же возрастной параллели.

На первом этапе работы по составлению 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. Задания муниципального этапа проходят экспертизу в региональной методической комиссии.

На втором этапе все задания, отобранные в предварительный комплект, проходят методическую проверку, в ходе которой каждому заданию присваивается пункт из Списка вопросов (пункт 5 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. Все задания школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников должны иметь категорию 1 и затрагивать вопросы Методической программы (часть 5), соответствующие школьному этапу для данной возрастной параллели и всем этапам предыдущих параллелей. Комплекты заданий муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии должны характеризоваться следующим распределением заданий по сложности:

Задание	Возрастная параллель				
	7 кл.	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	2	1	2	2

Задание 5	-	-	2	2	2
Задание 6	-	-	2	2	2
Вопросы	§1,2*	§1-2, 3*	§1-3, 4*	§1-4, 5*	§1-5, 6*

Примечание. В параграфах, отмеченных звездочкой (), используются только темы, соответствующие школьному и муниципальному этапам.*

Комплект заданий в каждой возрастной параллели должен также характеризоваться методической полнотой: все 4 либо 6 заданий должны соответствовать **разным** пунктам списка вопросов по астрономии (пункт 5 настоящих рекомендаций). Система оценивания заданий должна быть идентичной (8-балльной) для всех заданий, независимо от их темы и уровня сложности.

Задания школьного этапа 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 этапа, муниципальная предметно-методическая комиссия 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. Аналогичная работа производится региональной предметно-методической комиссией для заданий муниципального этапа.

Часть 6 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. МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

Примечание. Темы разделены по параграфам, соответствующим возрастным параллелям (от 5-6 до 11 класса). Если для части темы указан определенный этап олимпиады, она может быть задействована в заданиях этого и более поздних этапов олимпиады вплоть до заключительного. Любая из тем может быть задействована на любом этапе олимпиады в более старшей возрастной параллели.

§ 1. 5-6 классы (только школьный этап).

1.1. Основные объекты звездного неба.

Созвездия и наиболее яркие звезды неба. Условия их видимости в разные сезоны года. Ориентирование на местности по полярной звезде. Астеризмы. Видимые отличия планет от

звезд.

1.2. Видимое движение Солнца по небу.

Эклиптика, зодиакальные созвездия. Положение Солнца в созвездиях в зависимости от времени года.

1.3. Солнечная система.

Структура и состав Солнечной системы. Астрономическая единица. Планеты Солнечной системы: радиусы орбит, физические характеристики (размеры, форма, масса, плотность, период вращения). Обращение Земли вокруг Солнца, как причина смены времен года. Крупнейшие спутники планет. Системы мира Птолемея и Коперника.

1.4. Основы летоисчисления.

Календарный год. Високосные и невисокосные года. Юлианский и григорианский календари.

1.5. Вращение Земли.

Полюс и экватор. Смена дня и ночи. Изменение вида звездного неба в течении суток.

1.6. Основные сведения о Луне.

Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Солнечные и лунные затмения.

1.7. Начальные представления о структуре Вселенной.

Основные типы объектов Вселенной (звезды, галактики). Характерные пространственные масштабы.

§ 2. 7 класс (школьный и муниципальный этапы).

2.1. Земля как планета.

Школьный этап: Фигура Земли. Экваториальный и полярный радиусы. Географические координаты.

2.2. Основы сферической астрономии.

Школьный этап: Основные точки и линии на небесной сфере (горизонт, небесный меридиан, зенит, полюс мира, стороны света). Понятие высоты объекта над горизонтом. Связь высоты полюса мира над горизонтом с широтой наблюдателя.

Муниципальный этап: Суточные пути светил на небесной сфере на разных широтах. Восход, заход, кульминация. Годичное движение Солнца по небу. Равноденствия и солнцестояния. Полярный день и полярная ночь. Тропик и полярный круг.

2.3. Оптические явления в атмосфере Земли.

Школьный этап: Радуга, солнечные и лунные гало, ложное Солнце (паргелий) и ложная Луна (парселений), световые столбы. Серебристые облака. Полярные сияния.

2.4. Солнце и звезды, их физические характеристики.

Школьный этап: Масса, радиус, температура Солнца.

Муниципальный этап: Основные характеристики звезд: Масса, размеры (гиганты, карлики), температура, цвет (качественно).

2.5. Малые тела Солнечной системы.

Школьный этап: Определение планеты и карликовой планеты. Свойства и основные характеристики карликовых планет, астероидов и комет, условия их наблюдений. Главный пояс астероидов, пояс Койпера и облако Оорта. Происхождение и эволюция комет. Метеоры и метеорные потоки на Земле. Радиант метеорного потока. Метеориты.

2.6. Электромагнитное излучение и система расстояний в астрономии.

Школьный этап: Скорость света, световой год. Характерные расстояния до объектов Вселенной в световых годах.

§ 3. 8 класс (школьный этап) Небесная сфера.

Школьный этап: Понятие небесной сферы. Большие и малые круги на небесной сфере.

Угловые расстояния между объектами на небесной сфере.

Муниципальный этап: Координаты на поверхности сферы аналогично широте и долготе на Земле. Горизонтальная и экваториальная система координат. Высота, азимут, часовой угол, прямое восхождение и склонение точек небесной сферы. Высоты светил в верхней и нижней кульминации. Рефракция (основные свойства). Незаходящие и невосходящие светила.

3.1. Шкалы времени в астрономии.

Школьный этап: Осевое вращение Земли и солнечные сутки. Местное и поясное время.

Связь с географической долготой. Декретное время, часовые пояса и часовые зоны.

Муниципальный этап: Звездное время, звездные сутки. Изменение условий видимости звезд в течение года. Зимние, весенние, летние и осенние созвездия. Подвижная карта звездного неба.

3.2. Основы небесной механики.

Школьный этап: Законы Кеплера в простой формулировке для круговых орбит. Первая космическая скорость.

Муниципальный этап: Закон всемирного тяготения. Обобщенные законы Кеплера. Движение по эллипсу и параболе. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси, эксцентриситет. Парабола как предельный случай эллипса. Вторая космическая скорость. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения.

3.3. Солнечная система.

Школьный этап: Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Угловые размеры планет. Связь угловых и линейных размеров космических объектов.

Муниципальный этап: Упрощенная запись III закона Кеплера для планет Солнечной

системы. Видимое движение планет, их конфигурации. Сидерический, синодический периоды планет, связь между ними. Перелеты между планетами. Расчеты времени межпланетных перелетов по эллипсам Гомана.

3.4. Система Земля-Луна.

Школьный этап: Синодический и сидерический периоды Луны. Эксцентриситет орбиты Луны, точки перигея и апогея.

3.5. Общие сведения о глазе и оптических приборах.

Школьный этап: Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений. Линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы.

Муниципальный этап: Оптические схемы телескопов. Параметры оптических систем и изображений: фокусное расстояние, относительное отверстие, угловое увеличение, масштаб изображения, предельное угловое разрешение, размеры дифракционного изображения.

Ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность.

3.6. Общие сведения по математике.

Школьный этап: Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором.

Муниципальный этап: формулы для синуса и тангенса малых углов. Квадратные уравнения. Подобие фигур. Прямоугольный треугольник. Теорема Пифагора. Площади простейших геометрических фигур: треугольник, круг.

§ 4. 9 класс.

4.1. Уравнение времени.

Муниципальный этап: Истинное и среднее солнечное время, причины их различия.

Уравнение времени, его характерная величина в разные периоды года. Аналемма.

Заключительный этап: математическое выражение для уравнения времени.

4.2. Движение Земли и эклиптические координаты.

Муниципальный этап: Тропический и звездный год, прецессия оси Земли. Нутация (качественно). Принципы построения календарей. Солнечный, лунный и лунно-солнечный календари. Юлианские даты.

Региональный этап: Эклиптическая система координат. Абберрация света.

4.3. Небесная механика.

Региональный этап: элементы орбит в общем случае. Скорость движения в точках перигея и апогея. Законы сохранения энергии и момента импульса. Движение по гиперболе. Наклонение орбиты, линия узлов. Прохождения планет по диску Солнца, условия

наступления. Третья космическая скорость для Земли и других тел Солнечной системы.

4.4. Движение Луны.

Региональный этап. Наклонение орбиты, линия узлов. Луны Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Покрытия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.

4.5. Шкала звездных величин.

Муниципальный этап: Светимость. Освещенность. Яркость. Звездная величина, ее связь с освещенностью и расстоянием до объекта. Формула Погсона. Изменение видимой яркости планет и комет при их движении по орбите. Альbedo планет.

4.6. Звезды, общие понятия.

Муниципальный этап: Основные характеристики звезд: температура, радиус, масса и светимость. Закон излучения абсолютно черного тела (закон Стефана-Больцмана). Понятие эффективной температуры.

4.7. Движение звезд в пространстве.

Муниципальный этап: Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Пространственное движение Солнца и звезд, апекс.

Региональный этап: Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и принципы ее измерения.

4.8. Двойные и переменные звезды.

§ 5. 10 класс.

5.1. Движение в поле тяжести нескольких тел.

Региональный этап: Приливное воздействие. Сфера Хилла, полость Роша. Основы теории возмущенного движения, точки либрации.

5.2. Сферические координаты.

5.3. Классификация звезд с учетом их спектральных характеристик.

Школьный этап: Спектральная классификация звезд. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела), «спектр-светимость» для разных групп звезд, рассеянных и шаровых звездных скоплений. Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты.

Региональный этап: Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.

5.4. Эволюция звезд.

Школьный этап: Эволюция звезд различной массы и их перемещение по диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Эволюция звездных скоплений.

Региональный этап: Нуклеосинтез в недрах звезд различных типов и при взрыве сверхновых. Равновесие звезд. Перенос энергии в звезде. Звездные атмосферы и их спектры.

Временные шкалы эволюции звезд (ядерная, тепловая, динамическая). Образование звезд. Джинсовская масса. Конечные стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Предел Чандрасекара. Гравитационный радиус. Пульсары. Планетарные туманности. Сверхновые звезды: типы, механизмы и основные характеристики. Сверхновые типа Ia. Остатки и расширяющиеся оболочки сверхновых. Сферическая и дисковая аккреция. Предел светимости Эддингтона.

5.5. Межзвездная среда.

Школьный этап: Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Горячий газ и холодные молекулярные облака. Газовые и диффузные туманности.

Региональный этап: Зависимость межзвездного поглощения от длины волны и влияние на звездные величины и цвет звезд, оптическая толщина. Связь избытка цвета с поглощением в полосе V.

5.6. Общие сведения из физики.

Школьный этап: Газовые законы. Температура, тепловая энергия газа, концентрация частиц и давление. Термодинамическое равновесие. Идеальный газ. Связь скорости молекул и температуры.

Региональный этап: Длина свободного пробега и частота столкновений. Средняя квадратическая скорость молекул газа. Барометрическая формула. Плазма. Процессы ионизации и рекомбинации. Вырожденный газ.

§ 6. 11 класс.

6.1. Небесная механика.

Региональный этап: Движение тел с переменной массой. Уравнение Циолковского.

6.2. Свойства излучения.

Региональный этап: Поляризация излучения. Давление света. Формула Планка. Приближения Рэлея-Джинса и Вина. Яркостная температура. Мазерное излучение. Синхротронное излучение. Мера дисперсии и эффект Фарадея в межзвездной среде.

6.3. Галактика и галактики.

Школьный этап: Фотометрические и спектральные свойства галактик разных типов. Типы населения звезд в галактиках. Функция светимости звезд. Начальная функция масс.

Региональный этап: Соотношения Талли-Фишера и Фабера-Джексона.

6.4. Космология.

Школьный этап: Закон Хаббла, космологическое красное смещение. Реликтовое излучение, его спектр и флуктуации яркости.

Региональный этап: Большой взрыв. Инфляционная теория. Первичный нуклеосинтез.

Первичная рекомбинация. Расширение Вселенной. Прошлое и будущее Вселенной. Модель однородной изотропной Вселенной Фридмана. Альтернативные модели Вселенной. Барионное вещество, темная материя и темная энергия. Критическая плотность Вселенной. Масштабный фактор. Угломерное и фотометрическое расстояния. Рост неоднородностей во Вселенной.

6.5. Общие сведения из физики.

Региональный этап: Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Лоренцево сокращение и релятивистское замедление времени. Релятивистский эффект Доплера. Гравитационное красное смещение.

6.6. Общие сведения из математики.

Региональный этап: Интегрирование и его геометрический смысл. Формула Ньютона-Лейбница. Простейшие дифференциальные уравнения в задачах по физике и астрономии.

5. ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ШКОЛЬНОГО 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 4 настоящих рекомендаций (задачи категории 2 – только на муниципальном этапе). Задачи-примеры сортированы в соответствии с пунктами методической программы олимпиады (часть 5). Задачи *не предназначены* для прямого включения в комплект этапов олимпиады 2018/2019 учебного года.

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

№ 1 (Класс: 5-11, тема: 1.3 - объекты Солнечной системы, категория – 2)

Условие: С поверхности какой планеты Солнечной системы Земля будет выглядеть ярче всего? Почему?

Решение: Очевидно, это должна быть какая-то из близких к Земле планет – планета земной группы. При наблюдении с Марса Земля является внутренней планетой, и в момент сближения с Марсом повернута к нему ночной стороной. Земля могла бы быть очень яркой при наблюдении с поверхности Венеры, но эта планета окутана плотным слоем облаков, никакие небесные светила с ее поверхности не видны. В итоге, ярче всего Земля может выглядеть с поверхности Меркурия.

№2 (Класс - 5-11, тема: 1.4 - основы летоисчисления, категория - 1)

Условие: В каком веке «старый новый год» будут встречать в ночь на 1 февраля?

Решение: В настоящее время «старый новый год» встречается в ночь на 14 января. Таким

образом, для выполнения условия задачи разница между новым и старым стилем должна увеличиться еще на 18 дней. С начала XXI века эта разница возрастает на 3 дня за 400 лет. Следовательно, должны пройти еще 6 циклов по 400 лет, то есть 2400 лет. Условие задачи будет выполняться сразу в двух веках - 44 и 45, так как февраль 4400 года будет високосным в обеих системах исчисления.

№3 (Класс - школьный этап - 8-11, муниципальный этап - 7-11, тема: 2.2 - основы сферической астрономии, категория - 1)

Условие: На некоторой планете тропик совпал с полярным кругом. Под каким углом ось вращения этой планеты наклонена к плоскости орбиты? Угловыми размерами центральной звезды и атмосферными эффектами пренебречь.

Решение: Обозначим угол наклона плоскости экватора планеты к плоскости ее орбиты как ε . Тогда в день летнего солнцестояния центральная звезда будет иметь склонение ε и попадет в зенит на такой же широте, это и будет северным тропиком. А на широте $(90^\circ - \varepsilon)$ нижняя кульминация звезды будет на северном горизонте, это будет полярный круг. Коль он совпадает с тропиком, получаем $\varepsilon = 45^\circ$.

№4 (Класс - школьный этап - 8-11, муниципальный этап - 7-11, тема: 2.6 - система измерения расстояний в астрономии, категория - 1)

Условие: Предположим, Солнце вместе со своей планетной системой влетело в шаровое звездное скопление радиусом 20 пк, состоящем из 500 000 звезд. Сколько звезд в небе Земли будут иметь годичный параллакс больше 0.5"?

Решение: Определим концентрацию звезд в скоплении:

$$n = N_0/V = 3N_0 / 4\pi R^3 = 15 \text{ пк}^{-3}.$$

Здесь N_0 - число звезд, R и V - радиус и объем скопления. Чтобы параллакс звезды был больше 0.5", расстояние до нее l не должно превышать $(1/0.5) = 2$ пк. Количество таких звезд есть произведение концентрации и объема шара с радиусом 2 пк:

$$N = n (4\pi l^3/3) = N_0 l^3/R^3 = 500.$$

№5 (Класс - школьный этап - 9-11, муниципальный этап - 8-11, тема: 3.1 - небесная сфера, категория - 2)

Условие: Координаты звезд равны $\alpha=3^h$, $\delta=0$; $\alpha=7^h$, $\delta=0$. Найдите угловое расстояние между звездами на небе.

Решение: Угловое расстояние между звездами определяется как длина дуги большого круга небесной сферы, идущая от одной звезды к другой. В нашем случае, большой круг - это небесный экватор, все точки которого имеют склонение $\delta=0$. Поэтому угловое расстояние есть разность прямых восхождений, которая равна 4ч или 60° .

№6 (Класс - школьный этап - 9-11, муниципальный этап - 8-11, тема: 3.2 - шкалы времени в астрономии, категория - 1)

Условие: В какое время года звездное время совпадает с солнечным временем? Уравнением времени (разницей между истинным и средним солнечным временем) пренебречь.

Решение: Если условие задачи выполняется, то в солнечную полночь звездное время должно составлять 0ч, т.е. в верхней кульминации должна оказаться точка весеннего равноденствия. Это так в день осеннего равноденствия - 23 сентября.

№7 (Класс: 8-11, тема: 3.3 - основы небесной механики, категория – 1)

Условие: Астероид обращается вокруг Солнца по круговой орбите за 6 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 3.3 а.е. или $5 \cdot 10^8$ 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.

№8 (Класс - школьный этап - 9-11, муниципальный этап - 8-11, тема: 3.3 - основы небесной механики, категория - 1).

Условие: Хороший футболист может придать мячу скорость 30 м/с. На астероидах какого размера можно играть в футбол? Плотность астероидов считать равной плотности Земли.

Решение: Вторая космическая скорость на поверхности тела равна

$$v = (2GM/r)^{1/2} = (8\pi G\rho/3)^{1/2} \cdot r.$$

Здесь M , r и ρ - масса, радиус и плотность тела. Получается, что при постоянной плотности вторая космическая скорость прямо пропорциональна радиусу. Скорость полета мяча в 370 раз меньше второй космической скорости для Земли, поэтому она совпадет со второй космической скоростью для тела, с радиусом в 370 раз меньшим радиуса Земли - 17 км.

№9 (Класс: 8-11, тема: 1.1 – звездное небо, 3.4 – конфигурации планет, категория – 1)

Условие: 27 июля 2018 года произошло великое противостояние Марса, при котором он находился в созвездии Козерога. В каком созвездии при этом находилась Земля для наблюдателей на Марсе? Можно ли было ее наблюдать на ночном небе?

Решение: Земля находилась в небе Марса в точке, противоположной положению Марса в небе Земли. Эта точка находится в созвездии Рака. Наблюдать эту точку в ночном небе Марса было нельзя, так как в этом же созвездии в этот момент при наблюдении с Марса (и с Земли) располагалось Солнце. По отношению к Марсу, Земля проходила конфигурацию

нижнего соединения с Солнцем.

№10 (Класс - 8-11, тема: 3.7 - запись больших чисел, категория - 1)

Условие: Масса галактики М87 равна $3 \cdot 10^{12}$ масс Солнца, угловой диаметр $7'$, расстояние до нее 55 миллионов световых лет. Найдите среднюю плотность галактики.

Решение: Выражая массу Солнца в килограммах, получаем $6 \cdot 10^{42}$ кг. Радиус галактики R равен $55 \text{ млн св.лет} \cdot \sin 7'/2 = 55 \text{ тыс. св.лет}$ или $5 \cdot 10^{20}$ м. Средняя плотность галактики равна $\rho = (3M/4\pi R^3) \sim 10^{-20} \text{ кг/м}^3$.

№11 (Класс - 10-11, тема: 4.3 - небесная механика, категория - 1)

Условие: Некоторое тело движется в перигелии своей орбиты в четыре раза быстрее, чем в афелии. Найдите эксцентриситет его орбиты.

Решение: Самый простой способ решения этой задачи - вспомнить, что по II закону Кеплера тело в ходе своего движения вокруг центральной массы (в данном случае - Солнца) за равные промежутки времени описывает равные площади. В перигелии и афелии скорость тела перпендикулярна направлению на центр, поэтому мы можем сразу получить, что в перигелии тело вчетверо ближе к Солнцу, чем в афелии. Эксцентриситет орбиты равен: $e = (4 - 1) / (4 + 1) = 0.6$.

№ 12 (Класс: 10-11, тема: 4.4 – движение Луны, категория - 1)

Условие: Можно ли где-либо на Земле наблюдать покрытие Полярной звезды Луной? Почему?

Решение: Нет, нельзя. Луна может закрывать только те звезды, которые находятся вблизи (не далее 1°) плоскости орбиты Луны, которая почти совпадает (наклонена на 5°) с плоскостью орбиты Земли (т.е. с плоскостью эклиптики). Таким образом, при наблюдении с Земли Луна не может отходить далеко от зодиакальных созвездий и покрывает звезды не далее 6° от линии эклиптики. А так как Полярная звезда находится далеко от эклиптики, Луна никогда не сможет ее закрыть.

№13 (Класс – школьный этап – 10-11, муниципальный этап – 9-11, тема: 4.5 – шкала звездных величин, категория - 1)

Условие: Телескопу доступны звезды 18 звездной величины. Сколько звезд 22 звездной величины должны входить в компактное звездное скопление, чтобы его можно было на пределе увидеть в этот телескоп? 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. Одна звезда 18-й величины примерно в 40 раз ярче звезды 22-й величины. Следовательно, скопление должно состоять хотя бы из 40 звезд.

№14 (Класс – школьный этап – 10-11, муниципальный этап – 9-11, тема: 4.5 – шкала звездных величин, категория - 2).

Условие: Ярчайшая звезда ночного неба Земли Сириус имеет блеск -1.47^m и параллакс $0.38''$. Какую звездную величину имел бы Сириус, займи он место Солнца в центре нашей планетной системы? Считать, что радиус орбиты Земли при этом бы не изменился.

Решение: Расстояние до звезды r , выраженное в парсеках, есть $(1/\pi)$, где π - ее параллакс. Для Сириуса это расстояние получается равным 2.6 пк или $(2.6 \cdot 206265) \sim 540\,000$ а.е. Если бы Сириус оказался на месте Солнца, он стал бы в $540\,000$ раз ближе и в $(540\,000)^2 = 2.9 \cdot 10^{11}$ раз ярче. Это соответствует разнице в звездных величинах в $2.5 \lg(2.9 \cdot 10^{11}) = 28.6$. В итоге, Сириус светил бы в небе как звезда -30^m .

№15 (Класс - школьный этап - 10-11, муниципальный этап - 9-11, тема: 4.6 - звезды, общие понятия, категория - 1).

Условие: Некоторая звезда вдвое больше и вдвое горячее Солнца. Во сколько раз ее светимость превышает солнечную?

Решение: По закону Стефана-Больцмана, светимость звезды пропорциональна квадрату ее радиуса и четвертой степени температуры. Поэтому данная звезда будет излучать сильнее Солнца в $2^2 \cdot 2^4 = 64$ раза.

№16 (Класс - 11, тема: 5.6 - эволюция звезд, категория - 2)

Условие: Гравитационный радиус черной дыры виден с ее спутника под углом $1'$. Найдите линейную скорость движения спутника, считая орбиту круговой.

Решение: Коль скоро гравитационный радиус виден под углом $1'$ или $(1/3400)$ радиан, то спутник обращается по орбите с радиусом в 3400 гравитационных радиусов. На таком расстоянии мы можем пользоваться формулами классической небесной механики. Вторая космическая скорость составляет $(2GM/r)^{1/2}$, то есть убывает обратно пропорционально $r^{1/2}$. На заданном расстоянии она будет в $(3400)^{1/2} \sim 58$ раз меньше скорости света и составит 5100 км/с. Первая космическая (круговая) скорость будет еще в $2^{1/2}$ раза меньше и составит 3600 км/с.

№16 (Класс - 10-11, темы: 5.6 - эволюция звезд, 5.8 - термодинамика, категория - 2).

Условие: Сколько звезд солнечного типа может образоваться из облака радиусом 20 пк, давлением 10^{-15} Па и температурой 50 К?

Решение: Холодный газ, формирующий такое облако - молекулярный водород с молекулярной массой 2 , молярной массой μ , равной 0.002 кг/моль. Его концентрацию можно определить по уравнению состояния идеального газа:

$$n = p / kT = 1.5 \cdot 10^6 \text{ м}^{-3}.$$

Здесь p - давление, T - температура, k - постоянная Больцмана. Плотность облака составит

$$\rho = n \cdot \mu / N_A = \mu p / \Re T = 5 \cdot 10^{21} \text{ кг/м}^{-3}.$$

Здесь N_A - постоянная Авогадро, \Re - универсальная газовая постоянная. Радиус облака R

равен 20 пк или $6 \cdot 10^{17}$ м, его масса равна

$$M = 4\pi\rho R^3/3 = 4 \cdot 10^{33} \text{ кг.}$$

Из такого облака может образоваться около 2000 звезд солнечного типа.

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

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводятся в один аудиторный тур каждый. Этап *не предусматривает* 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). Школьный этап олимпиады по астрономии проводятся в аудиторном формате, и материальные требования для их проведения не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима.

Для проведения школьного этапа 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. Полный перечень справочной информации, приведенный в разделе 12, используется на региональном и заключительном этапе. Для школьного и муниципального этапа допускается сокращение перечня, оставляя в нем те данные, которые необходимы для решения заданий конкретного этапа.

В каждой аудитории должны быть также запасные канцелярские принадлежности и калькулятор. На время работы над решениями муниципального этапа участнику должны быть предоставлены продукты питания (сок, печенье).

7. ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводятся в один тур каждый. 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 этапа 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. Наблюдатель отмечает время выдачи заданий. На решение заданий школьного этапа олимпиады по астрономии школьникам отводится 1 час для участников из 5-8 классов и 2 часа для участников 9-11 классов. На решение заданий муниципального этапа олимпиады по астрономии школьникам отводится 2 часа для участников из 7-8 классов и 3 часа для участников 9-11 классов. 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 любой другой вычислительной техникой, кроме непрограммируемого калькулятора (карманным компьютером, планшетом и т.д.).
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. Запрещается одновременный выход из аудитории двух и более участников.

По окончании работы все участники покидают аудиторию, оставляя в ней тетради с решениями. После тура 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. МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ

Для проверки решений участников школьного этапа формируется жюри, состоящее из учителей, работающих в области астрономии и смежных дисциплин (физики, математики). 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 существенно различаются (при необходимости с последующей коррекцией оценок).

Решение каждого задания оценивается по 8-балльной системе в соответствии с рекомендациями, разработанными составителями для каждой отдельной задачи. Альтернативные способы решения задачи, не учтенные составителями задач в рекомендациях, при условии их правильности и корректности также оцениваются в полной мере. Ниже представлена общая схема оценивания решений.

- 0 баллов – решение отсутствует или абсолютно некорректно;
- 1 балл – правильно угаданный бинарный ответ (да/нет) без обоснования;
- 1-2 балл – сделана попытка решения, не давшая результата;
- 2-3 балла – правильно угадан сложный ответ, но его обоснование отсутствует или ошибочно;
- 4-6 баллов – частично решенная задача;
- 6-7 баллов – полностью решенная задача с более или менее значительными недочетами;
- 8 баллов – полностью решенная задача.

Выставление премиальных баллов (оценка за задание более 8 баллов) на школьном и муниципальном этапе не допускается. Общая оценка за весь этап получается суммированием оценок по каждому из заданий. Таким образом, максимальная оценка за весь школьный или муниципальный этап составляет 32 балла (до 8 класса включительно) и 48 баллов (9-11

классы).

9. ПРОЦЕДУРА ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ

На основе протоколов школьного 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. В каждой возрастной параллели может быть несколько победителей, а доля победителей и призеров среди всех участников может быть любой, вплоть до 100%, если все участники этапа достаточно успешно справились с заданиями. **Не рекомендуется** присуждать разный статус (победитель/призер или призер/участник) участникам одной возрастной параллели с незначительной разницей в баллах. **Категорически запрещается** присуждать разный статус участникам одной возрастной параллели с одинаковым числом набранных баллов.

После подведения итогов информация о результатах тура доводится до сведения участников.

10. ПРОЦЕДУРА ОТБОРА УЧАСТНИКОВ НА СЛЕДУЮЩИЙ ЭТАП

По окончании школьного этапа протоколы с результатами передаются в орган местного самоуправления, осуществляющий управление в сфере образования. На основе данных протоколов организатор следующего (муниципального) этапа для каждой возрастной параллели определяет минимальное количество баллов, необходимое для участия в муниципальном этапе.

11. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.В. Кононович, В.И. Мороз. Общий курс астрономии. Москва, URSS, 2017.
2. П.Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии. Москва, Либроком, 2016.
3. Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия. Москва, «Аванта+», 2011.
4. В.Г. Сурдин. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. Москва, МГУ, 1995.
5. В.Г. Сурдин. Астрономические задачи с решениями. Москва, Либроком, 2014.
6. В.В. Иванов, А.В. Кривов, П.А. Денисенков. Парадоксальная Вселенная. 250 задач по астрономии. Санкт-Петербург, СПбГУ, 2010. Электронная версия: <http://www.astro.spbu.ru/staff/viva/Book/Book.html>
7. М.Г. Гаврилов. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. Черноголовка-Москва, 1998.
8. Задачи Московской астрономической олимпиады. 1997-2002. Под редакцией О.С. Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2002.
9. Задачи Московской астрономической олимпиады. 2003-2005. Под редакцией О.С.

Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2005.

10. Задачи Московской астрономической олимпиады. 2006-2015. Сборник под редакцией М.В. Кузнецова, Н.Ю. Подорванюка и О.С. Угольникова, 2015.
11. О.С. Угольников. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году. Москва, АПК и ППРО, 2007.
12. А.М. Татарников, О.С. Угольников, Е.Н. Фадеев. Сборник задач по астрономии. 10-11 класс. Москва, Просвещение, 2018.
13. О.С. Угольников. Астрономия. Задачник. 10-11 классы. Москва, Просвещение, Центр «Сферы», 2018.

13. ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОЛИМПИАДЕ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

1. Сайт Всероссийской олимпиады школьников по астрономии – <http://www.astroolymp.ru/>
2. Учебно-информационный портал астрономических олимпиад, проводимых в России и за рубежом – <https://vk.com/astroolympiads>

14. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ПОДЛЕЖАЩАЯ РАЗДАЧЕ ВМЕСТЕ С УСЛОВИЯМИ ЗАДАНИЙ

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

§1. Основные физические и астрономические постоянные

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

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

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

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

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

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

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

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

Постоянная Хаббла $H = 68$ (км/с)/Мпк

§2. Данные о Солнце

Радиус 695 000 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 0.017 Тропический

год 365.24219 суток Средняя орбитальная

скорость 29.8 км/с

Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды

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

Экваториальный радиус 6378.14 км

Полярный радиус 6356.77 км

Масса $5.974 \cdot 10^{24}$ кг

Средняя плотность 5.52 г·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 $5^\circ 09'$

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

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

** – обратное вращение.

§5. Характеристики орбит планет

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

§6. Характеристики некоторых спутников планет

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

* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

** – обратное направление вращения.

§7. Формулы приближенного вычисления

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

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

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

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

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

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