

Министерство образования и науки Мурманской области  
Государственное автономное образовательное учреждение  
дополнительного профессионального образования Мурманской области  
«Институт развития образования»

Дополнительная общеразвивающая программа  
социально-педагогической направленности  
«Подготовка учащихся к Всероссийской олимпиаде школьников  
по астрономии»

Возраст учащихся: 15–17 лет (9–11 классы)

Срок реализации: 2 года

г. Мурманск  
2016

Разработчик Кунаш Марина Анатольевна, доцент кафедры преподавания общеобразовательных предметов ГАУДПО МО «Институт развития образования», к.п.н.

Рецензенты:

Волков Михаил Анатольевич, доцент кафедры общей и прикладной физики ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», к.ф-м. н.;

Иванова Елена Николаевна, учитель физики МБОУ г. Мурманска «Мурманский академический лицей»

### ***Пояснительная записка***

Дополнительная общеразвивающая программа «Подготовка учащихся к Всероссийской олимпиаде школьников по астрономии» предназначена для работы с учащимися общеобразовательных организаций 15-17 лет (9-11 классы) с повышенными образовательными потребностями. Срок реализации программы – 2 года.

Цель программы: подготовка учащихся к Всероссийской олимпиаде школьников по астрономии.

Задачи программы:

- развитие и поддержка одаренных учащихся при подготовке к Всероссийской олимпиаде школьников по астрономии;
- удовлетворение индивидуальных потребностей учащихся в интеллектуальном развитии;
- развитие мотивации учащихся к интеллектуальной деятельности;
- формирование активной, самостоятельной личности.

Форма реализации программы: программа может быть реализована в следующих формах:

- очная;
- очно-заочная, в том числе с использованием дистанционных технологий.

Объем программы: 150 календарных часов, в том числе:

- при очной организации – 150 календарных часов;
- при очно-заочной организации – 150 календарных часов, в том числе 96 аудиторных и 36 часов с использованием дистанционных технологий.

Форма проведения учебных аудиторных занятий – групповая.

### ***Учебный план***

№ №	Наименование раздела, темы	Количество часов				Форма аттестации/ контроля
		Все-го	Тео-рия	Прак-тика	Дистан-ционный этап	
<b>1</b>	<b>Астрометрия</b>	<b>39</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>Тема-тиче-ская к/р № 1</b>
1.1	Звездное небо и небесная сфера	12	4	6	2	
1.2	Наблюдательная астрономия	20	8	6	6	
1.3	Движение Земли по орбите	4	2	1	1	
1.4	Время и календарь	3	1	1	1	

<b>2</b>	<b>Небесная механика</b>	<b>24</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	
2.1	Законы Кеплера	6	2	2	2	
2.2	Определение расстояний и размеров тел Солнечной системы	5	2	2	1	
2.3	Применение закона Всемирного тяготения	13	5	4	4	
<b>3</b>	<b>Теоретическая астрономия</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>Тематическая к/р № 2</b>
3.1	Конфигурации планет	5	2	2	1	
3.2	Система Солнце – Земля – Луна	3	1	1	1	
<b>4</b>	<b>Астрофизика</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
4.1	Строение и состав Солнечной системы	7	4	2	1	
<b>5</b>	<b>Звездная астрономия</b>	<b>48</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>Тематическая к/р № 3</b>
5.1	Солнце	6	4	1	1	
5.2	Звезды и их характеристики	13	6	5	2	
5.3	Движение звезд в пространстве	3	1	2	0	
5.4	Переменные и нестационарные звезды	10	4	4	2	
5.5	Звездные скопления и ассоциации	6	2	2	2	
5.6	Межзвездная среда	10	4	2	4	
<b>6</b>	<b>Космогония</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	
6.1	Эволюция звезд	9	3	2	4	
<b>7</b>	<b>Космология</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>Тематическая к/р № 4</b>
7.1	Структура Вселенной	2	2	0	0	
7.2	Физические характеристики объектов Вселенной	2	1	1	0	
<b>8</b>	<b>Математические методы в астрономии</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	
8.1	Расчеты в астрономических задачах	3	0	2	1	
8.2	Элементы геометрии	2	1	1	0	

8.3	Элементы алгебры и начала анализа	6	2	4	0	
	<b>Всего</b>	<b>150</b>	<b>61</b>	<b>53</b>	<b>36</b>	<b>Итоговая контрольная работа</b>

### *Содержание программы*

#### 1 год обучения

**(75 ч.: теория – 32 ч., практика – 25 ч., дистанционный этап – 18 ч.)**

#### **1. Астрометрия (31 ч.)**

##### *1.1. Звездное небо и небесная сфера (лекция 4 ч.)*

Небесная сфера. Основные линии небесной сферы. Угловое расстояние на небесной сфере. Угловые размеры объектов. Созвездия. Принципы формирования созвездий и их номенклатура. Условия видимости созвездий. Ярчайшие звезды созвездий.

Горизонтальная система координат. Основные круги, линии и точки небесной сферы в горизонтальной системе координат.

Экваториальная система координат. Основные круги, линии и точки небесной сферы в экваториальной системе координат.

Суточное движение небесных светил на различных широтах. Восход, заход и кульминация светил. Изменение вида звездного неба в течение суток.

Практическая работа (2 часа). Подвижная карта звездного неба.

Практическая работа (2 часа). Связь горизонтальной и экваториальной системы координат.

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Зависимость между высотой светила, его склонением и географической широтой местности».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Определение экваториальных координат светил с использованием подвижной карты звездного неба.

##### *1.2. Наблюдательная астрономия (лекция 4 ч.)*

Особенности визуальных наблюдений. Мнемонические приемы определения угловых размеров расстояний между точками небесной сферы. Глаз как оптический прибор.

Устройство, принцип действия и применение простейших оптических приборов (бинокль, фотоаппарат, телескопы). Типы и характеристики теле-

скопов. Угловое увеличение. Аберрация света. Масштаб изображения. Современные телескопы. Современные наземные и космические обсерватории. Всеволновая астрономия.

Освещенность. Видимая звездная величина. Связь звездной величины с освещенностью. Шкала звездных величин. Формула Погсона. Связь видимого блеска с расстоянием. Годичный параллакс. Абсолютная звездная величина.

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Расчет звездной величины. Зависимость яркости от расстояния до небесного тела».

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Связь абсолютной звездной величины с годичным параллаксом».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Решение задач по теме «Построение изображений протяженных объектов в фокальной плоскости».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Решение задач по теме «Применение формулы Погсона».

### *1.3. Движение Земли по орбите (лекция 2 ч.)*

Относительность движения Земли. Изменение вида звездного неба с течением года. Эклиптика. Основные точки эклиптики. Зодиакальные созвездия. Прецессия.

Продолжительность дня и ночи в течение года в зависимости от широты местности. Рассеяние и поглощение света в земной атмосфере. Рефракция света. Сумерки. Гражданские, навигационные и астрономические сумерки.

Практическая работа (1 час). Решение задач по теме «Продолжительность дня и ночи в зависимости от широты местности. Сумерки».

Практическая работа (1 час дистанционно). Решение задач по теме «Атмосферная рефракция и ее зависимость от высоты объекта, длины волны света».

### *1.4. Время и календарь (лекция 1 ч.)*

Периодические и повторяющиеся процессы как основа измерения времени. Тропический год. Связь между солнечными и звездными сутками. Истинное и среднее солнечное время. Местное, поясное, зимнее и летнее время. Часовые пояса. Декретное время.

Летоисчисление. Календарь. Старый и новый стиль.

Практическая работа (1 час). Решение задач по теме «Уравнение времени».

Практическая работа (1 час дистанционно). Решение задач по теме «Сравнение солнечных и лунных календарей».

## **2. Небесная механика (19 ч.)**

### *2.1. Законы Кеплера (лекция 2 ч.)*

Геоцентрическая и гелиоцентрическая система мира. Эмпирический способ научного исследования Кеплера. Эллипс и его свойства, основные точки, большая и малая полуось. Эксцентриситет. Астрономическая единица. Первый, второй и третий законы Кеплера. Перигелий и афелий. Границы применимости законов Кеплера.

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Законы Кеплера».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Решение задач по теме «Применение законов Кеплера».

### *2.2. Определение расстояний и размеров тел Солнечной системы (лекция 2 ч.)*

Методы определения расстояний до небесных тел: горизонтальный параллакс, радиолокационный метод и лазерная локация.

Методы определения размеров небесных тел: метод определения углового радиуса, метод триангуляции.

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Применение метода горизонтального параллакса и метода углового радиуса».

Практическая работа (1 час дистанционно). Методологические основы определения размеров Земли Эратосфеном.

### *2.3. Применение закона всемирного тяготения (лекция 4 ч.)*

Аналитическое доказательство справедливости закона всемирного тяготения. Явление возмущенного движения. Применимость закона всемирного тяготения для определения масс небесных тел. Уточненный третий закон Кеплера. Явление приливов.

Особенности движения (время старта, траектории полета) и маневров космических аппаратов для исследования тел Солнечной системы. Движение космических аппаратов при посадке на поверхность планеты или при выходе на орбиту вокруг небесного тела. Первая, вторая и третья космические скорости.

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Движение тел в гравитационном поле».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Решение задач по теме «Применение уточненного третьего закона Кеплера для определения масс планет и их спутников, для небесных тел, не имеющих спутников».

### **3. Теоретическая астрономия (8 ч.)**

#### *3.1. Конфигурации планет (лекция 2 ч.)*

Конфигурации планет как различные положения Солнца и планеты относительно земного наблюдателя. Условия видимости планет при различных конфигурациях. Синодический и сидерический периоды обращения планет. Угловые размеры планет. Прохождение планет по диску Солнца и условия их наступления. Наклонение орбиты. Линия узлов.

Практическая работа (2 часа). Аналитическая связь между синодическим и сидерическим периодами для внешних и внутренних планет.

Практическая работа (1 час дистанционно). Условия видимости планет.

#### *3.2. Система Солнце – Земля – Луна (лекция 1 ч.)*

Движение Луны вокруг Земли. Фазы Луны. Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Аномалистический и драконический месяцы.

Солнечные и лунные затмения, их типы и условия наступления. Сарос. Покрывтия звезд и планет Луной и условия их наступления.

Практическая работа (1 час). Наблюдение солнечных и лунных затмений на различных широтах Земли.

Практическая работа (1 час дистанционно). Связь сидерического и синодического периода.

### **4. Астрофизика (7 ч.)**

#### *4.1. Строение и состав Солнечной системы (лекция 4 ч.)*

Солнечная система как комплекс тел, имеющих общее происхождение. Строение Солнечной системы. Планеты земной группы и планеты-гиганты и их характеристика (размеры, форма, строение, масса, плотность, химический состав, альbedo; особенности поверхности; особенности орбит). Малые тела Солнечной системы и их характеристики (карликовые планеты, астероиды, кометы). Метеорные тела. Метеорные явления в земной атмосфере (метеоры, метеорные потоки, болиды, метеориты).

Практическая работа (1 час). Сравнительная характеристика двух групп планет Солнечной системы.

Практическая работа (1 час). Сравнительная характеристика малых тел Солнечной системы.

Практическая работа (1 час дистанционно). Применение «Школьного астрономического календаря» на текущий учебный год для определения положения тел Солнечной системы на момент наблюдения.



## **5. Звездная астрономия (6 ч.)**

### *5.1. Солнце (лекция 4 ч.)*

Основные характеристики Солнца. Модель внутреннего строения Солнца. Химический состав звезды. Физические характеристики Солнца. Процессы переноса энергии внутри Солнца. Солнечная постоянная. Строение атмосферы Солнца. Солнечная активность. Магнитные поля на Солнце. Формы проявления солнечной активности (солнечные пятна, протуберанцы, вспышки, корональные выбросы массы). Циклы солнечной активности. Распространение излучения и потока заряженных частиц в межзвездном пространстве. Физические основы взаимодействия потока заряженных частиц с магнитным полем Земли и частицами ее атмосферы. Полярные сияния.

Практическая работа (1 час). Процессы термоядерных реакций протон-протонного цикла.

Практическая работа (1 час дистанционно). Физические основы воздействия потока солнечного излучения на технические средства и биологические объекты на Земле.

## **7. Космология (1 ч.)**

### *7.1. Структура Вселенной (лекция 1 ч.)*

Пространственно-временные масштабы Вселенной. Внесистемные единицы в астрономии: световой год, парсек. Современные представления об иерархии объектов Вселенной.

## **8. Математические методы в астрономии (3 ч.)**

### *8.1. Расчеты в астрономических задачах.*

Практическая работа (1 час дистанционно). Решение задач по теме «Приближенные вычисления. Правила округления. Приемы использования функций инженерного калькулятора в астрономических вычислениях».

### *8.2. Элементы геометрии (лекция 1 ч.)*

Единицы измерения углов: градус и его части, радиан. Часовая мера.

Понятие сферы, большие и малые круги. Решение треугольников. Теорема синусов. Теорема косинусов. Формулы и соотношения тригонометрии.

Практическая работа (1 час). Площадь поверхности сферы. Большие и малые круги.

## 2 год обучения

(75 ч.: теория – 29 ч., практика – 28 ч., дистанционный этап – 18 ч.)

### 1. Астрометрия (8 ч.)

#### 1.2. Наблюдательная астрономия (лекция 4 ч.)

Волновые свойства света. Предельное угловое разрешение и проникающая способность телескопов. Размеры дифракционного изображения. Ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность телескопов. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов.

Современные методы фотометрии и спектроскопии. Фотоумножители. ПЗС-матрицы. Использование светофильтров.

Прием радиоволн. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров.

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Характеристики оптических телескопов».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Системы активной и адаптивной оптики.

### 2. Небесная механика (5 ч.)

#### 2.3. Применение закона всемирного тяготения (лекция 1 ч.)

Теория приливного воздействия. Радиус сферы Хилла. Точки либрации.

Практическая работа (2 часа). Расчет радиуса сферы Хилла для Солнечной системы.

Практическая работа (2 часа дистанционно). Типы либрации. Визуальные проявления либрации Луны.

### 5. Звездная астрономия (42 ч.)

#### 5.2. Звезды и их характеристики (лекция 6 ч.)

Понятие «абсолютно черное тело». Интенсивность излучения. Спектр. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Приближение Релея-Джинса и границы его применимости. Закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина и границы их применимости. Понятие эффективной температуры.

Основные характеристики звезд: температура, радиус, масса. Светимость. Спектр. Основы спектрального анализа. Виды спектров излучения. Спектры поглощения. Линии поглощения в спектрах звезд. Атмосферы Солнца и звезд. Фотосфера и хромосфера Солнца. Диаграмма «спектр-светимость» Герцшпрунга-Рассела. Связь спектрального класса с абсолютной звездной величиной. Спектральные классы. Звезды главной последовательности, гиганты и сверхгиганты, белые карлики. Модели строения звезд.

Практическая работа (3 часа). Решение задач по теме «Законы излучения абсолютно черного тела».

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Физические характеристики звезд».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Распределение энергии в спектрах различных астрономических объектов.

### *5.3. Движение звезд в пространстве (1 ч.)*

Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд. Принципы измерения лучевой скорости звезд. Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Апекс.

Практическая работа (1 час). Решение задач по теме «Расчет лучевой скорости звезд».

Практическая работа (1 час). Решение задач по теме «Движение звезд в пространстве».

### *5.4. Переменные и нестационарные звезды (лекция 4 ч.)*

Основы классификации переменных и нестационарных звезд. Физически двойные звезды. Затменно-двойные системы. Спектрально-двойные звезды. Определение масс и размеров звезд в двойных системах.

Цефеиды – нестационарные звезды. Долгопериодические звезды. Новые и сверхновые звезды. Пульсары. Кривые блеска для тесных двойных систем. Зависимость «период-светимость» для цефеид.

Значение переменных и нестационарных звезд для науки: определение расстояния до цефеид, поиск экзопланет.

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Применение уточненного закона Кеплера для определения масс звезд в кратных системах».

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Применение характеристик кратных систем для определения физических характеристик звезд».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Явления в тесных двойных системах.

### *5.5. Звездные скопления и ассоциации (2 ч.)*

Классификация звездных скоплений. Физические свойства скоплений и входящих в них звезд. Различия между рассеянными и шаровыми скоплениями. Звездные ассоциации. Диаграммы «цвет-светимость» для звезд скоплений. Движения звезд скоплений. Метод «группового параллакса» для определения расстояния до скопления.

Практическая работа (2 часа). Решение задач «Расчет физических характеристик звезд скоплений».

Практическая работа (2 часа дистанционно). Сравнительная характеристика различных видов звездных скоплений в зависимости от звездного «населения», возраста, количества звезд в скоплении.

#### *5.6. Межзвездная среда (лекция 4 ч.)*

Состав межзвездной среды. Плазма. Процессы ионизации и рекомбинации в газе. Ионы в атмосфере Земли и межпланетной среде.

Распределение газа и пыли в пространстве. Физические характеристики газопылевой среды: плотность, температура. Химический состав газа и пыли межзвездной среды. Методы исследования межзвездной среды. Межзвездное поглощение света. Зависимость межзвездного поглощения света от длины волны. Влияние межзвездного поглощения света на звездную величину и цвет звезд. Спектры планетарных и диффузных туманностей.

Газопылевые туманности: газовые, диффузные, светлые (молекулярные облака). Физические характеристики газопылевых туманностей. Взаимосвязь взрывов новых и сверхновых и образования туманностей. Планетарные туманности. Взаимосвязь светлых газопылевых туманностей (молекулярных облаков) и процесса звездообразования.

Практическая работа (2 часа). Характеристика излучения в межзвездной среде.

Практическая работа (2 часа дистанционно). Магнитное поле межзвездной среды.

Практическая работа (2 часа дистанционно). Сравнительная характеристика газопылевых туманностей.

### **6. Космогония (9 ч.)**

#### *6.1. Эволюция звезд (лекция 3 ч.)*

Зависимость скорости и продолжительности эволюции звезд от их массы. Начальные стадии эволюции звезд. Стадия гравитационного сжатия при образовании звезды. Природа объектов на конечной стадии эволюции звезд. Варианты конечных стадий жизни звезд (белые карлики, нейтронные звезды – пульсары, черные дыры). Гравитационный радиус. Вспышки сверхновой как этап эволюции звезды. Образование химических элементов в недрах звезд различных типов, в сверхновых звездах. Особенности эволюции в тесных двойных системах.

Практическая работа (2 часа). Оценка времени свечения звезды с использованием физических законов и закономерностей по известной массе запасов водорода.

Практическая работа (2 часа дистанционно). Полость Роша и процессы аккреции в тесных двойных системах.

Практическая работа (2 часа дистанционно). Графическая интерпретация эволюции звезд в зависимости от физических параметров.

## **7. Космология (3 ч.)**

### *7.1. Структура Вселенной (лекция 1 ч.)*

Галактики: характеристика основных типов, размеры, состав и строение. Наша Галактика и ее структурные элементы. Местная группа галактик. Вращение галактик и галактических дисков. Активные ядра галактик. Радиогалактики. Квазары.

### *7.2. Физические характеристики объектов Вселенной (лекция 1 ч.)*

Определение расстояний до галактик. Сверхновые I типа. Красное смещение в спектрах галактик. Закон Хаббла. Скопления галактик. Гравитационное красное смещение. Представление о гравитационных линзах. Связь массы и энергии. Крупномасштабная структура Вселенной. Реликтовое излучение и его спектр.

Практическая работа (1 час). Решение задач по теме «Применение закона Хаббла».

## **8. Математические методы в астрономии (8 ч.)**

### *8.1. Математические методы в астрономии.*

Практическая работа (2 часа). Графическое представление информации в астрономии. Интерпретация зависимостей в астрономии.

### *8.3. Элементы алгебры и начала анализа (лекция 2 ч.)*

Функции  $\cos x$ ,  $\sin x$ ,  $\operatorname{tg} x$ ,  $x^n$ ,  $n^x$ ,  $\lg x$ ,  $e^x$ : свойства, графическая интерпретация, применение в астрономии.

Основы метода приближенных вычислений и разложений в ряд. Приближенные формулы для  $\cos x$ ,  $(1+x)^n$ ,  $\ln(1+x)$ ,  $e^x$  в случае малых  $x$

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Применение приближенных вычислений и разложений в ряд при решении задач по астрономии».

Практическая работа (2 часа). Решение задач по теме «Применение свойств функций  $x^n$ ,  $n^x$ ,  $\lg x$ ,  $e^x$  при решении задач по астрономии».

### *Планируемые результаты обучения*

В ходе освоения программы учащийся

#### 1. Научится:

- применять основные законы, закономерности, принципы и постулаты физики и астрономии для решения олимпиадных задач;
- решать задачи по общему алгоритму из разделов «Астрометрия», «Небесная механика», «Астрофизика», «Звездная астрономия», «Космогония», «Космология»;
- решать задачи с применением графической и справочной информации;
- выполнять построение и анализ общего алгоритма решения задач в зависимости от особенностей начальных условий;
- описывать и объяснять результаты наблюдений и экспериментов: применять полученные знания для решения астрономических задач;
- самостоятельно проводить косвенные измерения и исследования астрономических астрофизических величин с использованием различных способов измерения и наблюдения, выбирать средства измерения и наблюдения с учетом необходимой точности измерений, обосновывать выбор способа измерения и наблюдения, адекватного поставленной задаче, проводить оценку достоверности полученных результатов;
- фиксировать результаты получаемых теоретически зависимостей астрономических и астрофизических величин в виде таблиц, графиков, схем, делать выводы по результатам исследования;
- проводить косвенные измерения астрономических и астрофизических величин с использованием методов математической обработки данных;
- анализировать ситуации практико-ориентированного характера, узнавать в них проявление изученных астрономических и астрофизических явлений или закономерностей и применять имеющиеся знания для их объяснения.

2. Овладеет эффективными формами и методами самостоятельной работы и интеллектуальной деятельности, будет готов самостоятельно планировать пути достижения целей, в том числе альтернативные, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач.

3. Сможет самостоятельно ставить и формулировать для себя новые задачи в учёбе и познавательной деятельности, развивать мотивы и интересы своей познавательной деятельности.

### ***Формы аттестации***

Промежуточная аттестация осуществляется в форме выполнения четырех тематических контрольных работ из банка заданий Всероссийской олимпиады школьников по физике; итоговая аттестация проводится в форме контрольной работы, включающей в себя задания, соответствующие заданиям Всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

### ***Условия реализации программы***

Компьютерный класс с возможностью выхода в Интернет, аудитории с мультимедийным оборудованием, библиотека с читальным залом; дидактические раздаточные материалы, ЭОР, ТСО, ЦОРы.

Бинокль, телескоп школьный, спектроскоп.

### ***Методическое обеспечение учебного процесса***

Образовательная деятельность учащихся предусматривает следующие виды учебных занятий и учебных работ: лекции, практические и семинарские занятия, лабораторные работы, консультации, выполнение итоговой работы.

**Примерное распределение тем  
по этапам Всероссийской олимпиады школьников  
по физике**

В рамках школьного курса физики изучаются элементы астрономии, поэтому в примерном тематическом распределении отсутствует деление по элементам содержания в зависимости от этапа Всероссийской олимпиады школьников. Представленное примерное распределение элементов содержания характеризует каждый из этапов олимпиады по астрономии (от школьного до всероссийского), а также указывает на смежные предметные области, элементы содержания которых могут включаться для каждой возрастной категории.

Предметная область	Темы, включаемые в содержание олимпиадных заданий
9 класс	
Элементы астрономии	<p>1.1. Звездное небо. Созвездия и ярчайшие звезды неба: названия, условия видимости в различные сезоны года.</p> <p>1.2. Небесная сфера. Суточное движение небесных светил на различных широтах. Восход, заход, кульминация. Горизонтальная и экваториальная система координат, основные круги и линии на небесной сфере. Высота над горизонтом небесных светил в кульминации. Высота полюса Мира. Изменение вида звездного неба в течение суток. Подвижная карта звездного неба. Рефракция (качественно). Сумерки: гражданские, навигационные, астрономические. Понятия углового расстояния на небесной сфере и угловых размеров объектов.</p> <p>1.3. Движение Земли по орбите. Видимый путь Солнца по небесной сфере. Изменение вида звездного неба в течение года. Эклиптика, понятие полюса эклиптики и эклиптической системы координат. Зодиакальные созвездия. Прецессия, изменение экваториальных координат светил из-за прецессии.</p> <p>1.4. Измерение времени. Тропический год. Солнечные и звездные сутки, связь между ними. Солнечные часы. Местное, поясное время. Истинное и среднее солнечное время, уравнение времени. Звездное время. Часовые пояса и исчисление времени в нашей стране; декретное время, летнее время. Летоисчисление. Календарь, солнечная и лунная система календаря. Новый и старый стиль.</p> <p>1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения. Форма орбит: эллипс, парабола, гипербола. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси, эксцентриситет. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера (включая обобщенный третий закон</p>



	<p>Кеплера). Первая и вторая космические скорости. Круговая скорость, скорость движения в точках перицентра и апоцентра. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения. Расчеты времени межпланетных перелетов по касательной траектории.</p> <p>1.6. Солнечная система. Строение, состав, общие характеристики. Размеры, форма, масса тел Солнечной системы, плотность их вещества. Отражающая способность (альbedo). Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Астрономическая единица. Угловые размеры планет. Сидерический, синодический периоды планет, связь между ними. Видимые движения и конфигурации планет. Наклонение орбиты, линия узлов. Прохождения планет по диску Солнца, условия наступления. Малые тела Солнечной системы. Метеороиды, метеоры и метеорные потоки. Метеориты. Орбиты планет, астероидов, комет и метеороидов. Возмущения в движении планет. Третья космическая скорость для Земли и других тел Солнечной системы.</p> <p>1.7. Система Солнце – Земля – Луна. Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Синодический, сидерический, аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Покрывтия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.</p> <p>1.8. Оптические приборы. Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений (бинокль, фотоаппарат, линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы). Построение изображений протяженных объектов в фокальной плоскости. Угловое увеличение, масштаб изображения. Крупнейшие телескопы нашей страны и мира.</p> <p>1.9. Шкала звездных величин. Представление о видимых звездных величинах различных астрономических объектов. Решение задач на звездные величины в целых числах. Зависимость яркости от расстояния до объекта.</p> <p>1.10. Электромагнитные волны. Скорость света. Различные диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и частоты видимого света. Радиоволны.</p> <p>1.11. Общие представления о структуре Вселенной. Пространственно-временные масштабы Вселенной. Наша Галактика и другие галактики, общее представление о размерах, составе и строении.</p> <p>1.12. Измерения расстояний в астрономии. Внесистемные единицы в астрономии (астрономическая единица, световой год, парсек, килопарсек, мегапарсек). Методы радиолокации, суточного и годичного параллакса. Аберрация света</p>
Элементы	Запись больших чисел, математические операции со степенями. При-

математики	ближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором. Единицы измерения углов: градус и его части, радиан, часовая мера. Понятие сферы, большие и малые круги. Формулы для синуса и тангенса малого угла. Решение треугольников, теоремы синусов и косинусов. Элементарные формулы тригонометрии
Элементы физики	Законы сохранения механической энергии, импульса и момента импульса. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Геометрическая оптика, ход лучей через линзу
10 класс	
Элементы астрономии	<p>2.1. Шкала звездных величин. Звездная величина, ее связь с освещенностью. Формула Погсона. Связь видимого блеска с расстоянием. Абсолютная звездная величина. Изменение видимой яркости планет и комет при их движении по орбите.</p> <p>2.2. Звезды, общие понятия. Основные характеристики звезд: температура, радиус, масса и светимость. Законы излучения абсолютно черного тела: закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина. Понятие эффективной температуры.</p> <p>2.3. Классификация звезд. Представление о фотометрической системе UBVR, показатели цвета. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела). Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.</p> <p>2.4. Движение звезд в пространстве. Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и принципы ее измерения. Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Апекс.</p> <p>2.5. Двойные и переменные звезды. Затменные переменные звезды. Спектрально-двойные звезды. Определение масс и размеров звезд в двойных системах. Внесолнечные планеты. Пульсирующие переменные звезды, их типы, кривые блеска. Зависимость «период-светимость» для цефеид. Долгопериодические переменные звезды. Новые звезды.</p> <p>2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления. Возраст, физические свойства скоплений и особенности входящих в них звезд. Основные различия между рассеянными и шаровыми скоплениями. Диаграммы «цвет-светимость» для звезд скоплений. Движение звезд, входящих в скопление. Метод «группового параллакса» определения расстояния до скопления.</p> <p>2.7. Солнце. Основные характеристики, общее представление о внутреннем строении и строении атмосферы. Характеристики Солнца как звезды, солнечная постоянная. Солнечная активность, циклы солнечной активности. Магнитные поля на Солнце. Солнечно-земные связи.</p> <p>2.8. Ионизованное состояние вещества. Понятие об ионизованном газе. Процессы ионизации и рекомбинации.</p>

	<p>Общее представление об ионах в атмосфере Земли и межпланетной среде. Магнитное поле Земли. Полярные сияния.</p> <p>2.9. Межзвездная среда.</p> <p>Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны и влияние на звездные величины и цвет звезд. Газовые и диффузные туманности. Звездообразование. Межзвездное магнитное поле.</p> <p>2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способность.</p> <p>Предельное угловое разрешение и проникающая способность. Размеры дифракционного изображения, ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов</p>
Элементы математики	Площадь поверхности сферы, объем шара
Элементы физики	Газовые законы. Понятие температуры, тепловой энергии газа, концентрации частиц и давления. Основы понятия спектра, дифракции света
11 класс	
Элементы астрономии	<p>3.1. Основы теории приливов.</p> <p>Приливное воздействие. Понятие о радиусе сферы Хилла, полости Роша. Точки либрации.</p> <p>3.2. Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды.</p> <p>Рассеяние и поглощение света в атмосфере Земли, в межпланетной и межзвездной среде, зависимость поглощения от длины волны. Атмосферная рефракция, зависимость от высоты объекта, длины волны света.</p> <p>3.3. Законы излучения.</p> <p>Интенсивность излучения. Понятие спектра. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Приближения Релея-Джинса и Вина, области их применения. Распределение энергии в спектрах различных астрономических объектов.</p> <p>3.4. Спектры звезд.</p> <p>Основы спектрального анализа. Линии поглощения в спектрах звезд, спектральная классификация. Атмосферы Солнца и звезд. Фотосфера и хромосфера Солнца.</p> <p>3.5. Спектры излучения разреженного газа.</p> <p>Представление о спектрах солнечной короны, планетарных и диффузных туманностей, полярных сияний.</p> <p>3.6. Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд.</p> <p>Ядерные источники энергии звезд, запасы ядерной энергии. Выделение энергии при термоядерных реакциях. Образование химических элементов в недрах звезд различных типов, в сверхновых звездах (качественно).</p> <p>3.7. Эволюция Солнца и звезд.</p>

	<p>Стадия гравитационного сжатия при образовании звезды. Время жизни звезд различной массы. Сверхновые звезды. Поздние стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Гравитационный радиус. Пульсары.</p> <p>3.8. Строение и типы галактик. Наша Галактика. Ближайшие галактики. Расстояние до ближайших галактик. Наблюдательные особенности галактик. Состав галактик и их физические характеристики. Вращение галактических дисков. Морфологические типы галактик. Активные ядра галактик, радиогалактики, квазары.</p> <p>3.9. Основы космологии. Определение расстояний до галактик. Сверхновые I типа. Красное смещение в спектрах галактик. Закон Хаббла. Скопления галактик. Представление о гравитационных линзах (качественно). Крупномасштабная структура Вселенной. Реликтовое излучение и его спектр.</p> <p>3.10. Приемники излучения и методы наблюдений. Элементарные сведения о современных методах фотометрии и спектроскопии. Фотоумножители, ПЗС-матрицы. Использование светофильтров. Прием радиоволн. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров</p>
Элементы математики	Основы метода приближенных вычислений и разложений в ряд. Приближенные формулы для $\cos x$ , $(1+x)^n$ , $\ln(1+x)$ , $e^x$ в случае малых $x$
Элементы физики	Элементы специальной теории относительности. Релятивистская формула для эффекта Доплера. Гравитационное красное смещение. Связь массы и энергии. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон). Квантовые и волновые свойства света. Энергия квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Спектр атома водорода. Космические лучи. Понятие об интерференции и дифракции

### **Справочная информация**

*(Прилагается к условиям заданий)*

#### **§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  $= 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана  $= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Масса протона  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Астрономическая единица  $1 \text{ а.е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

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

## §2. Данные о Солнце

Радиус 695 000 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 5800К

Средний горизонтальный параллакс 8,794

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли  $600 \text{ Вт/м}^2$

## 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 26 21,45

Экваториальный радиус 6378,14 км

Полярный радиус 6356,77 км

Масса  $5,974 \cdot 10^{24}$  кг

Средняя плотность  $5,52 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$

Объемный состав атмосферы: N<sub>2</sub> (78%), O<sub>2</sub> (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 509

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 альбедо 0,12

Видимая звездная величина в полнолуние  $-12,7^m$

#### §4. Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
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.

#### §6. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометр. альбедо	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см <sup>3</sup>	км	сут		m
	<b>Земля</b>						
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	–12.7
	<b>Марс</b>						
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
	<b>Юпитер</b>						
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

<b>Сатурн</b>							
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
<b>Уран</b>							
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
<b>Нептун</b>							
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).

## *Список литературы и средств обучения*

### *Учебники и учебные пособия*

1. Воронцов-Вельяминов Б.А., Страут Е.К. *Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник.* – М.: Дрофа, 2014.
2. *Галактики /ред.-сост. В.Г. Сурдин.* – М: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
3. Кононович Э.В., Мороз В.И. *Курс общей астрономии.* – М., 2002.
4. Куликовский П.Г. *Справочник любителя астрономии.* – М.: УРСС, 2002.
5. Максимачев Б.А., Комаров В.Н. *В звездных лабиринтах: Ориентирование по небу.* – М.: Наука, 1978.
6. Пшеничнер Б.Г., Войнов С.С. *Внеурочная работа по астрономии: Кн. для учителя.* – М.: Просвещение, 1989.
7. Сурдин В.Г. *Разведка далеких планет.* – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
8. Шевченко М.Ю., Угольников О.С. *Школьный астрономический календарь на 2016/17 уч. г. Вып. 67: пособие для любителей астрономии.* – М.: ОАО «Планетарий», 2016.
9. Шкловский И.С. *Вселенная, жизнь, разум.* – М.: Наука, 1984.

### *Список интернет-ресурсов*

1. <http://rosolymp.ru> Портал Всероссийских олимпиад школьников
2. <http://www.astroolymp.ru>. Сайт Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
3. <http://www.afportal.ru/astro> Астрофизический портал. Новости астрономии
4. <http://www.sai.msu.ru/> Государственный Астрономический Институт имени П.К. Штернберга МГУ
5. <http://mks-onlain.ru/> МКС он-лайн
6. <http://sky.sibsau.ru/index.php/astronomicheskie-sajty> Обсерватория СибГАУ
7. <http://астрономия.рф/> Общероссийский астрономический портал
8. Репозиторий Вселенной <http://space-my.ru/>
9. <http://www.astronet.ru/> Российская астрономическая сеть
10. <http://www.inasan.ru/> ФГБУН Институт астрономии РАН



*Сборники задач и заданий по астрономии*

1. Кирик Л.А., Бондаренко К.П. Астрономия. Разноуровневые самостоятельные работы с примерами решения задач. – М.: Илекса, 2002.
2. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенко П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. – СПб.: СПбГУ, 1997.
3. Сурдин В.Г. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. – М.: МГУ, 1995.
4. Гаврилов М.Г. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. – М., 1998.
5. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. – М.: УРСС, 2002.
6. Московские астрономические олимпиады. 1997–2002. Под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. – М.: МИОО, 2002.
7. Московские астрономические олимпиады. 2003–2005. Под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. – М.: МИОО, 2005.
8. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии / Авт-сост. А.В. Засов, А.С. Расторгуев, В.Г. Сурдин, М.Г. Гаврилов, О.С. Угольников, Б.Б. Эскин. – М.: АПК и ППРО, 2005.