

Министерство образования Ярославской области
Государственное образовательное учреждение
дополнительного образования Ярославской области
«Региональный образовательный центр «Новая школа»

Принята на заседании
Педагогического совета
ГОУ ДО ЯО РОЦ «Новая школа»
от «16» июня 2026 года
Протокол № 02

Утверждаю
Директор
ГОУ ДО ЯО РОЦ «Новая школа»
И.С. Леонова

**Леонова Ирина
Станиславовна**

Подписано цифровой подписью:
Леонова Ирина Станиславовна
Дата: 2026.06.18 13:57:37 +03'00'

Дополнительная общеразвивающая программа
естественно-научной направленности

«Астрономия: тайны звездного неба»

Возраст обучающихся: 14 – 17 лет

Срок реализации: 4 года

Автор:

Перов Николай Иванович,
заместитель директора по направлению
«научно - методическая и культурно-
просветительская работа»
ГАУК ЯО «Центр им. В.В. Терешковой»,
доцент кафедры физики и
информационных технологий
ФГБОУ ВО ЯГПУ им. К.Д. Ушинского,
кандидат физико-математических наук

г. Ярославль, 2026

Раздел №1 Комплекс основных характеристик программы

1. Пояснительная записка дополнительной общеразвивающей программы «Астрономия: тайны звездного неба»

1.1. Актуальность и значимость программы

Соревнования школьного, муниципального, регионального, всероссийского уровней включают разнообразные задания, охватывающие все уровни астрономии. Поэтому в олимпиадах ценится не только хорошее знание астрономии (что, конечно, немаловажно), но и умение применять имеющиеся знания для анализа астрономических фактов, умение направлять астрономическую интуицию в нужное русло. Дополнительная общеразвивающая программа «Астрономия: тайны звездного неба» направлена на создание системы углубленной и планомерной работы по подготовке обучающихся к участию в олимпиадах по астрономии. В связи с этим в основе содержания данной программы заложен разбор типов олимпиадных заданий. Опираясь на существующие классификации, рассматриваются задания опознавательного-объяснительного типа (репродуктивные, требующие воспроизведения конкретных знаний), сопоставительного типа (с элементами анализа и сопоставления астрономических фактов), исследовательского типа (аналитические, выявляющие умение обобщать и совершать астрономические «микротооткрытия»), а также комбинированные задания.

По мере ознакомления с алгоритмом решения того или иного типа заданий обучающиеся получают и дополнительный теоретический материал по всем разделам астрономии (и физики). Следует учитывать, что предложенная классификация типов заданий в определенной мере условна: задачи сопоставительного и исследовательского типов во многом схожи, потому что в их основе – анализ, комбинированные задачи включают, как правило, ряд вопросов разного характера (от репродуктивных до аналитико-синтетических).

Олимпиады регионального и всероссийского уровней проводятся в несколько этапов. На первом из них проверяются знания и смекалка обучающихся в решении неординарных вопросов астрономии. Уже на этом этапе ряд заданий направлен на выявление творческих способностей участников. Ознакомление с заданиями подобного характера, предполагающими создание поисково-исследовательских заданий, также включено в настоящую программу.

В последнее время традиционным (особенно для всероссийских олимпиад) стало обращение к результатам современных космических исследований и историческим событиям в области астрономии. Для этого требуются и конкретные знания, и определенный навык. Поэтому считается целесообразным обращаться к выполнению такого рода заданий на протяжении всего курса.

В основу создания авторской дополнительной общеразвивающей программы «Астрономия: тайны звездного неба» заложен многолетний опыт работы автора в области работы с высокомотивированными обучающимися-

астрономами, анализ собственной педагогической деятельности по данному направлению, авторские практические наработки, учет специфики обучения в ГОУ ДО ЯО ЯР ИОЦ «Новая школа», предполагающей участие обучающихся в олимпиадах, научно-практических конференциях и конкурсах по астрономии разного уровня.

1.2. Основные идеи, подходы, принципы

Углубленное изучение астрономии означает некоторое расширение теоретических сведений. При незначительном увеличении (расширении) понятийно-терминологической системы осуществляется подлинное углубленное изучение астрономии, способствующее формированию стойкого интереса к истории и современному состоянию астрономии.

Некоторое расширение тем – не главное в данной программе. Главное заключается в многоаспектном освещении основных разделов астрономии (астрометрия, небесная механика, астрофизика), необходимых для развития интеллектуальных творческих, поисково-исследовательских способностей обучающихся.

Обращение к истории некоторых астрономических явлений имеет огромное значение для понимания их современного состояния в астрономии, способствует эффективному формированию навыков сопоставления и научного анализа. В программу подготовки обучающихся к олимпиаде включены краткие сведения из истории астрономии. Вопросы протекания астрономических явлений должны не только вызвать интерес обучающихся к изучению астрономии, но и многое им объяснить в ее современном состоянии, помочь осознать, как основные закономерности и теории, так и исключения из них.

1.3. Целевая аудитория

Данная программа ориентирована на обучающихся 8 – 11 классов (14 – 17 лет) образовательных организаций области.

1.4. Срок, объем и форма освоения программы

Данная программа ориентирована на четырехгодичную продолжительность образовательного процесса с подведением итоговых результатов по годам обучения.

Учитывая специфику содержания данной программы, первый год обучения посвящен изучению всех разделов астрономии, второй, третий и четвертый годы предполагают, углубленное изучение тем и включает практическую работу по ранее изученным тематическим блокам (решение олимпиадных заданий разных типов с учетом индивидуальных достижений обучающихся).

Год обучения	Количество часов		
	Всего	Теория	Практика
Первый	72	32	40
Второй	72	14	58

Третий	72	12	60
Четвертый	72	11	61
Всего:	288	69	219

Обучение по программе проводится в очной форме.

1.5. Режим занятий, периодичность и продолжительность занятий

Учебная нагрузка определяется с учетом возраста детей, года обучения. В соответствии с гигиеническими правилами и требованиями устанавливается продолжительность занятий (в академических часах), их периодичность и общее количество часов в неделю и за год.

Занятия проводятся 1 раз в неделю по 2 академических часа (по 45 минут) с обязательным 5 и 10-минутными перерывами.

1.6. Особенности организации образовательного процесса

Зачисление в учебную группу проводится круглогодично, в зависимости от наличия вакантных бюджетных мест, осуществляется при желании ребенка по заявлению родителей (законных представителей). Наполняемость группы 1 года обучения – 7-10 человек, второго и последующих – 7 чел.

Структура и содержание программы допускают также дальнейшее вовлечение в процесс обучения по данной программе тех обучающихся, которые по различным причинам не прошли программу первого года, пройдя входной контроль.

Занятия проводятся преимущественно в разновозрастных группах и предполагают организацию занятий со всем коллективом, в малых группах и индивидуально.

Программой предусмотрено проведение лекционных и практических занятий, интерактивных занятий в звездном и интерактивном классах Центра им. В.В.Терешковой, наблюдение небесных тел в астрономической обсерватории Центра им. В.В.Терешковой, интеллектуальных игр («Солнечная система», «Вселенная», «Планета Земля») – интерактивный класс, а также участие обучающихся в конкурсах научных работ школьников, научных конференциях школьников регионального, всероссийского, международного уровней и во всех этапах (1–5) всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

2. Цель и задачи программы

Цель: Совершенствование поисково-исследовательской деятельности, умений и навыков, обеспечивающих процесс творчества, свободное владение астрономическими знаниями в разных сферах и нестандартных ситуациях ее использования; совершение обучающимися микрооткрытий в области астрономии; развитие готовности и способности к взаимодействию и взаимопониманию с астрономической общественностью, потребности к творческому самосовершенствованию.

Главная задача, решаемая при углубленном изучении астрономии, состоит в том, чтобы в процессе обучения органично сочетались, с одной стороны,

освоение углубленных знаний об астрономической Вселенной, ее устройстве и методах ее познания, законах и достижениях современной астрономии, умение пользоваться ее богатейшими данными при интерпретации различных «необычных» природных (астрономических) явлений, а с другой стороны – интенсивное развитие, интеллектуальных, творческих способностей, а также духовно-нравственных и эстетических качеств личности школьника.

Задачи:

Метапредметные:

– развивать способность к быстрой и свободной перестройке направленности мыслительного процесса;

Личностные:

- активизировать познавательную деятельность;
- совершенствовать коммуникативные умения и навыки;

Предметные:

- изучать историю астрономии и основных этапов становления астрономии как науки;
- изучать историю астрономии России;
- формировать представление об основных астрономических определениях и теориях;
- расширять знания об основных научных методах астрономии (астрометрии, небесной механики, астрофизики);
- изучать системы законов современной астрономии, происхождение астрономической терминологии и понимание закономерностей исторического развития астрономии;
- формировать умение анализировать астрономические явления;
- формировать навыки анализа наблюдаемых астрономических событий;
- формировать умение работать с историческими астрономическими текстами;
- развивать творческие способности обучающихся в решении нестандартных астрономических задач.

3. Содержание программы

3.1. Учебно-тематический план первого года обучения

№ п/п	Наименование раздела программы	Теория	Практика	Всего
1	Введение.	1	2	3
2	Небесная сфера.	1	1	2
3	Измерение времени в астрономии.	1	2	3
4	Сферический треугольник.	1	2	3
5	Параллактический треугольник.	1	1	2
6	Методы определения расстояний в космосе.	1	2	3

7	Солнечные и лунные затмения.	1	1	2
8	Построение физической инерциональной системы отсчета.	1	1	2
9	Небесномеханические аспекты задачи двух тел.	1	1	2
10	Приливы и отливы. Прецессия и нутация земной оси.	1	2	3
11	Основы космонавтики.	1	2	3
12	Методы астрофизических исследований.	1	2	3
13	Система Земля-Луна.	1	1	2
14	Астрофизический обзор планет земной группы.	1	1	2
15	Астрофизический обзор планет-гигантов.	1	1	2
16	Система Плутон - Харон – Nix-Hydra–Стикс Цербер.	1	1	2
17	Астероиды – малые планеты.	1	1	2
18	Кометы.	1	1	2
19	Метеороиды.	1	1	2
20	Физика Солнца.	1	1	2
21	Стационарные звезды.	1	2	3
22	Теория лучистого равновесия и непрерывный спектр звезд.	1	1	2
23	Образование линий поглощения в спектрах звезд.	1	1	2
24	Строение звезд.	1	1	2
25	Двойные звезды.	1	1	2
26	Нестационарные звезды.	1	1	2
27	Эволюция звезд.	1	2	3
28	Происхождение химических элементов.	1	1	2
29	Физика Галактики.	1	1	2
30	Метагалактика.	1	1	2
31	Космология.	1	1	2
32	Проблема поиска жизни во Вселенной.	1	1	2
	ИТОГО	32	40	72

3.2. Учебно-тематический план второго года обучения

№ п/п	Наименование раздела программы	Теория	Практика	Всего
1	Звездное небо.	1	4	5

	Созвездия и ярчайшие звезды неба: названия, условия видимости в различные сезоны года.			
2	Небесная сфера. Суточное движение небесных светил на различных широтах. Восход, заход, кульминация. Горизонтальная и экваториальная система координат, основные круги и линии на небесной сфере. Высота над горизонтом небесных светил в кульминации. Высота полюса Мира. Изменение вида звездного неба в течение суток. Подвижная карта звездного неба. Рефракция (качественно). Сумерки: гражданские, навигационные, астрономические. Понятия углового расстояния на небесной сфере и угловых размеров объектов.	1	4	5
3	Движение Земли по орбите. Видимый путь Солнца по небесной сфере. Изменение вида звездного неба в течение года. Эклиптика, понятие полюса эклиптики и эклиптической системы координат. Зодиакальные созвездия. Прецессия, изменение экваториальных координат светил из-за прецессии.	1	4	5
4	Измерение времени. Тропический год. Солнечные и звездные сутки, связь между ними. Солнечные часы. Местное, поясное время. Истинное и среднее солнечное время, уравнение времени. Звездное время. Часовые пояса и исчисление времени в нашей стране; декретное время, летнее время. Летоисчисление. Календарь, солнечная и лунная система календаря. Новый и старый стиль.	1	4	5
5	Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения. Форма орбит: эллипс, парабола, гипербола. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси, эксцентриситет. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера (включая обобщенный третий закон Кеплера). Первая и вторая космические скорости. Круговая скорость, скорость движения в точках перигея и апогея. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного	1	4	5

	тяготения. Расчеты времени межпланетных перелетов по касательной траектории.			
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.	1	4	5
7	Система Солнце - Земля - Луна. Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Синодический, сидерический, аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Покрытия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.	1	4	5
8	Оптические приборы. Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений (бинокль, фотоаппарат, линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы). Построение изображений протяженных объектов в фокальной плоскости. Угловое увеличение, масштаб изображения. Крупнейшие телескопы нашей страны и мира.	1	4	5
9	Шкала звездных величин. Представление о видимых звездных величинах различных астрономических объектов. Решение	1	4	5

	задач на звездные величины в целых числах. Зависимость яркости от расстояния до объекта.			
10	Электромагнитные волны. Скорость света. Различные диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и частоты видимого света. Радиоволны.	1	4	5
11	Общие представления о структуре Вселенной. Пространственно-временные масштабы Вселенной. Наша Галактика и другие галактики, общее представление о размерах, составе и строении.	1	4	5
12	Измерения расстояний в астрономии. Внесистемные единицы в астрономии (астрономическая единица, световой год, парсек, килопарсек, мегапарсек). Методы радиолокации, суточного и годичного параллакса. Аберрация света.	1	4	5
13	Дополнительные вопросы по математике: Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором. Единицы измерения углов: градус и его части, радиан, часовая мера. Понятие сферы, большие и малые круги. Формулы для синуса и тангенса малого угла. Решение треугольников, теоремы синусов и косинусов. Элементарные формулы тригонометрии.	1	5	6
14	Дополнительные вопросы по физике: Законы сохранения механической энергии, импульса и момента импульса. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Геометрическая оптика, ход лучей через линзу.	1	5	6
	ИТОГО	14	58	72

3.3. Учебно-тематический план третьего года обучения

№ п/п	Наименование раздела программы	Теория	Практика	Всего
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.	1	5	6
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.	1	5	6
3	Классификация звезд. Представление о фотометрических системах UBVR, показатели цвета. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела). Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.	1	5	6
4	Движение звезд в пространстве. Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и метод ее измерения. Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Апекс.	1	6	7
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.	1	6	7
6	Рассеянные и шаровые звездные скопления. Возраст, физические свойства скоплений и особенности входящих в них звезд. Основные различия между рассеянными и шаровыми скоплениями. Диаграммы «цвет-светимость» для звезд скоплений. Движения звезд, входящих в скопление. Метод «группового параллакса» определения расстояния до скопления.	1	6	7

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	1	6	7
8	Ионизованное состояние вещества. Понятие об ионизованном газе. Процессы ионизации и рекомбинации. Общее представление об ионах в атмосфере Земли и межпланетной среде. Магнитное поле Земли. Полярные сияния	1	5	6
9	Межзвездная среда. Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны и влияние на звездные величины и цвет звезд. Газовые и диффузные туманности. Звездообразование. Межзвездное магнитное поле.	1	5	6
10	Телескопы, разрешающая и проникающая способность. Предельное угловое разрешение и проникающая способность. Размеры дифракционного изображения, ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов.	1	5	6
11	Дополнительные вопросы по математике: площадь поверхности сферы, объем шара.	1	3	4
12	Дополнительные вопросы по физике: Газовые законы. Понятие температуры, тепловой энергии газа, концентрации частиц и давления. Основы понятия спектра, дифракции света.	1	3	4
	ИТОГО	12	60	72

3.4. Учебно-тематический план четвертого года обучения

№ п/п	Наименование раздела программы	Теория	Практика	Всего
1	Основы теории приливов. Приливное воздействие. Понятие о радиусе сферы Хилла, полости Роша, точки либрации.	1	5	6
2	Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды. Рассеяние и поглощение света в атмосфере Земли, в межпланетной и межзвездной среде, зависимость поглощения от длины волны. Атмосферная рефракция, зависимость от высоты объекта, длины волны света.	1	5	6
3	Законы излучения. Интенсивность излучения. Понятие спектра. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Приближения Релея-Джинса и Вина, области их применения. Распределение энергии в спектрах различных астрономических объектов.	1	5	6
4	Спектры звезд. Основы спектрального анализа. Линии поглощения в спектрах звезд, спектральная классификация. Атмосферы Солнца и звезд. Фотосфера и хромосфера Солнца.	1	6	7
5	Спектры излучения разреженного газа. Представление о спектрах солнечной короны, планетарных и диффузных туманностей, полярных сияний.	1	6	7
6	Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд. Ядерные источники энергии звезд, запасы ядерной энергии. Выделение энергии при термоядерных реакциях. Образование химических элементов в недрах звезд различных типов, в сверхновых звездах (качественно).	1	6	7
7	Эволюция Солнца и звезд. Стадия гравитационного сжатия при образовании звезды. Время жизни звезд различной массы. Сверхновые звезды. Поздние стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры.	1	6	7

	Гравитационный радиус. Пульсары.			
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.	1	5	6
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.	1	5	6
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.	1	5	6
11	Дополнительные вопросы по физике: Элементы специальной теории относительности. Релятивистская формула для эффекта Доплера. Гравитационное красное смещение. Связь массы и энергии. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон). Квантовые и волновые свойства света. Энергия квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Спектр атома водорода. Космические лучи. Понятие об интерференции и дифракции.	1	7	8
	ИТОГО	11	61	72

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	ВВЕДЕНИЕ	Предмет и задачи астрономии. Разделы астрономии: астрометрия, небесная механика, астрофизика. История развития астрономии. Значение астрономии для смежных наук. Теоретическое, практическое и мировоззренческое значение астрономии. Методы астрономии. Краткий обзор строения Вселенной.
2	НЕБЕСНАЯ СФЕРА	Основные точки и линии на небесной сфере. Горизонтальная, экваториальные (1-я и 2-я) и эклиптическая системы координат. Кульминации светил. Высота светила в меридиане. Вращение небесной сферы на разных широтах.
3	ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ АСТРОНОМИИ	Единицы измерения времени. Звездное и солнечное время. Среднее эклиптикальное и среднее экваториальное Солнце. Уравнение времени, его компоненты. СИСТЕМЫ СЧЕТА СРЕДНЕГО СОЛНЕЧНОГО ВРЕМЕНИ. Местное время и долгота. Поясное время. Декретное время. Летнее время. Всемирное время. Эфемеридное время. Атомное время. Постоянная и подвижная границы календарных дат. История возникновения и развития календаря. Новый и старый стиль. Происхождение христианской эры. Проекты нового международного календаря.
4	СФЕРИЧЕСКИЙ ТРЕУГОЛЬНИК	Основные формулы сферического треугольника. Преобразование сферических координат.
5	ПАРАЛЛАКТИЧЕСКИЙ ТРЕУГОЛЬНИК.	Преобразование астрономических координат и методы решения основных задач практической астрономии.
6	МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЙ В КОСМОСЕ.	Наземная и космическая триангуляции. Суточный и горизонтальный параллаксы светила. Годичные параллаксы звезд. Определение горизонтального экваториального параллакса Солнца. Определение расстояний до тел Солнечной системы. Определение расстояний до ближайших звезд. Единицы измерений расстояний в астрономии: астрономическая единица, парсек, световой год.

7	СОЛНЕЧНЫЕ И ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ	Движение и фазы Луны. Орбита Луны. Условия наступления затмений. Расчет числа затмений в году. Сарос, астрономическая рефракция. Интеграл рефракции и его приближенное вычисление для атмосфер планет. Влияние рефракции на продолжительность полярного дня. Абберрация (суточная и годовая).
8	ПОСТРОЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА.	Построение фундаментальной системы координат. Проблема определения поправок ориентировки фундаментальной системы. Фундаментальные каталоги и распространение их систем на большое число звезд. Проблема перехода к инерциальной системе координат. Определение параметров движения Солнца и прецессионного вращения. Астрометрические наблюдения из космоса. Астрономические постоянные, их классификация и значения. Постоянные, характеризующие тело Земли. Постоянные, определяющие взаимное расположение и движение плоскостей экватора и эклиптики. Проблема установления масштаба в Солнечной системе. Параметры системы Земля-Луна. Постоянная абберрации и скорость света. Система фундаментальных астрономических постоянных 2000 г. Видимые и действительные движения светил. Строение Солнечной системы. Устойчивость Солнечной системы. Планетные конфигурации. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира. Работы Н. Коперника, Дж. Бруно, Г. Галилея, М.В. Ломоносова.
9	НЕБЕСНОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАДАЧИ ДВУХ ТЕЛ.	Законы Кеплера – эмпирические законы движения планет. Элементы орбит планет. Дифференциальные уравнения движения планеты относительно Солнца. Векторный способ вывода соотношений Кеплера из законов механики Ньютона и закона всемирного тяготения. Связь между эксцентриситетом орбиты и полной энергией. Вывод третьего (уточненного) закона Кеплера. Определение масс двойных систем. Вывод уравнения Кеплера и приближенные методы его решения. Эллиптические, параболические, гиперболические орбиты и прямолинейные траектории. Понятие о задаче n-тел. Уравнения движения N-

		тел. Десять известных интегралов и их физический смысл. Векторные дифференциальные уравнения движения в задаче трех тел. Методы решения неограниченной задачи трех тел. Частные случаи неограниченной задачи трех тел, допускающие решения в замкнутой форме. Сфера действия планеты. ПОНЯТИЕ ОБ ОГРАНИЧЕННОЙ ЗАДАЧЕ ТРЕХ ТЕЛ. Интеграл Якоби. Области устойчивого движения в ограниченной задаче трех тел. Поверхность нулевой скорости. Точки либрации Лагранжа и Эйлера.
10	ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ. ПРЕЦЕССИЯ И НУТАЦИЯ ЗЕМНОЙ ОСИ.	Приливообразующее ускорение. Предел Роша для спутников планет. Определение постоянной прецессии.
11	ОСНОВЫ КОСМОНАВТИКИ	Формула К.Э. Циолковского. Космические скорости. Траектории полетов космических аппаратов к Луне и планетам с минимальными затратами энергии. Использование орбит ожидания при межпланетных полетах. Влияние ошибок начальных данных на межпланетные орбиты. Межпланетная навигация. Пилотируемые полеты. Ю.А. Гагарин – первый космонавт планеты. ПРОБЛЕМА МЕЖЗВЕЗДНЫХ ПЕРЕЛЕТОВ. Расчет времени полета к звездам и внегалактическим объектам и определение необходимой мощности ракетного двигателя в рамках специальной теории относительности. Повышение энтропии информации. ПОНЯТИЕ О ВОЗМУЩЕНИЯХ В ДВИЖЕНИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ. Возмущения, обусловленные: сопротивлением среды, фигурой центрального тела, световым давлением, магнитным полем планеты. Учет эффектов общей теории относительности.
12	МЕТОДЫ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.	Основные инструменты астрофизики: телескопы и радиотелескопы. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Исследования с космических аппаратов. Спектральный анализ. Инфракрасная, радио-, оптическая, рентгеновская, гамма – и нейтринная астрономия.

		Баллонная астрономия. Спектрографы. Микрофотометры. Приборы с зарядовой связью. Новые приемники излучений. Шкалы звездных величин. Формула Погсона. Законы излучения абсолютно черного тела. Эффект Доплера. Астрофизические обсерватории России и зарубежных стран.
13	СИСТЕМА ЗЕМЛЯ-ЛУНА	Земля – планета Солнечной системы. Атмосфера. Озоновый слой. Поверхность. Внутреннее строение. Луна – естественный спутник Земли. Исследования Луны с помощью космических аппаратов и искусственных спутников («Луна», «Зонд», «Луноход-1,2», «Рейнджер», «Аполлоны», «Лунар Проспектор») с 1959 г. По 2011 г. Рельеф поверхности и внутреннее строение Луны. Перспективы освоения человечеством ресурсов Луны. (Доставка на Землю изотопа He^3 для производства энергии с целью удовлетворения растущих потребностей населения планеты).
14	АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ.	Меркурий. Венера. (Земля). Марс. Атмосферы. Особенности рельефов поверхностей. Внутреннее строение. Магнитные поля. Взаимодействие магнитосфер с солнечным ветром. Спутники Марса: Фобос и Деймос – история открытия, эволюция орбит и поверхностей. Исследования планет земной группы с помощью космических аппаратов серий: «Маринер», «Венера», «Марс». «Мессенджер». Результаты исследований КА «Фобос», «Магеллан». Марсоходы XXI века.
15	АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ	Юпитер. Сатурн. Уран. Нептун. Атмосферы. Поверхностные пятна. Внутреннее строение. Магнитные поля. Спутниковые системы и кольца планет-гигантов. Исследования планет-гигантов с помощью космических аппаратов «Пионер-10,11», «Вояджер-1,2», «Галилео», «Кассини» с 1977 г. По 2014 г.
16	СИСТЕМА ПЛУТОН-ХАРОН – Никс – Гидра – Стикс – Цербер	Особенности орбитального движения и эволюция орбит. Атмосферы. Поверхности: пятна с различной температурой. Внутренние строения. Методы определения основных параметров. Пояс Эджеворта-Койпера. КА «Новые горизонты»
17	АСТЕРОИДЫ – МАЛЫЕ ПЛАНЕТЫ.	История и методы открытий. Расположение в Солнечной системе. Распределение орбитальных

		параметров. Физические свойства малых планет. Происхождение и эволюция главного пояса астероидов. Исследование астероидов в XXI веке с помощью КА «NEAR», «Дип-Спейс-1», «Мюзес-Ц». Малая планета «Ярославль».
18	КОМЕТЫ.	Особенности движения. Распределения орбитальных параметров. Физические свойства комет. Кометные ядра, их размеры, массы, температуры, модели строения. Механизм выброса пылевых частиц и газовых струй. Химические реакции в кометах. Спектры комет, их развитие с изменением гелиоцентрического расстояния кометы. Кометная космогония. Кометы и происхождение, и развитие жизни на Земле. Исследования комет в XXI веке с помощью КА «Стардаст», «Контур», «Розетта», «Дип Спейс-4». Метод открытия комет, царапающих» Солнце, с помощью коронографов КА «СОХО».
19	МЕТЕОРОИДЫ.	Метеоры. Метеориты. Зодиакальный свет. Противосияние. Межпланетная среда. Распределение пылевых частиц в Солнечной системе по размерам и гелиоцентрическим расстояниям. Физические свойства и эволюция. Исследование физических свойств пылевых частиц с помощью космических аппаратов.
20	ФИЗИКА СОЛНЦА.	Спектр излучения Солнца. Солнечная атмосфера. 6 Модель фотосферы. Конвективная зона. Роль конвекции. Грануляция и механизм ее возникновения. Электрические и магнитные поля на Солнце. Магнитное поле полярных областей. Солнечные пятна. Механизм образования солнечных пятен. Верхняя атмосфера Солнца. Распределения плотности и температуры в хромосфере и короне. Факелы, флоккулы, спиккулы, протуберанцы, хромосферные вспышки и механизм их образования. Солнечная корона. Интерпретация спектра Солнечной короны. Магнитные поля в короне. Солнечный ветер. Радиоизлучение Солнца: постоянная составляющая, медленно меняющаяся компонента, всплески радиоизлучения, следующие за хромосферными вспышками, шумовые бури. Рентгеновское излучение Солнца. Проблема солнечных нейтрино. Солнечная

		активность. Период проявления солнечной активности. Число Вольфа. Солнечно-земные связи. Прогноз солнечной активности на текущую эпоху. Исследования Солнца с помощью КА «Улисс», «СОХО», «КОРОНАС-Ф» и др.
21	СТАЦИОНАРНЫЕ ЗВЕЗДЫ.	Спектральная классификация. Основные характеристики звезд: температура, радиусы, массы, светимости и связь между ними. Диаграммы: «спектр-светимость», «масса-светимость», «радиус-масса». Абсолютная звездная величина звезды. Вращение звезд. Магнитные поля звезд.
22	ТЕОРИЯ ЛУЧИСТОГО РАВНОВЕСИЯ И НЕПРЕРЫВНЫЙ СПЕКТР ЗВЕЗД.	Основные понятия теории излучения. Коэффициенты поглощения излучения. Уравнение лучистого равновесия. Теория звездных атмосфер при коэффициенте поглощения, не зависящим от частоты. Распределение яркости по диску звезды. Зависимость коэффициента поглощения от частоты. Поглощение атомами и отрицательными ионами водорода. Рассеяние света свободными электронами. Средний коэффициент поглощения. Модели атмосферы звезд: горячие звезд (спектральный класс О, В), холодные звезды (спектральный класс К, М), белые карлики, нейтронные звезды, странные звезды.
23	ОБРАЗОВАНИЕ ЛИНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ В СПЕКТРАХ ЗВЕЗД	Механизм образования спектральных линий. Модель Шварцшильда-Шустера и модель Эддингтона. Линии поглощения при некогерентном рассеянии. Эквивалентные ширины линий. Элементарная теория кривых роста: турбулентные скорости, постоянная затухания. Химический состав атмосфер звезд. Формулы Больцмана и Саха. Концентрация свободных электронов. Сравнение теоретических и наблюдательных контуров. Эффект Штарка. Роль эффектов давления. Искажения формы контура соседними линиями. Влияние вращения звезд. Эффект Зеемана и магнитные поля в звездах. Интерпретация спектральной последовательности.

24	СТРОЕНИЕ ЗВЕЗД.	Специфика теории внутреннего строения звезд. Условие стационарности. Уравнение гидростатического равновесия. Уравнение термического равновесия. Лучистый и конвективный перенос тепла. Средняя молекулярная масса. Коэффициент непрозрачности звездного вещества. Уравнение Эмдена. Политропная модель. Источники энергии звезд: гравитационное сжатие, термоядерные реакции. Проблема звездных нейтрино. Характеристики моделей звезд главной последовательности. Модель белого карлика и модель полностью конвективной звезды. Модели красного гиганта и сверхгиганта. Предельная масса звезд.
25	ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ	Оптические двойные звезды. Физические пары: визуально-двойные, фотометрические двойные, спектрально-двойные спеклинтерферометрические двойные звезды. Тесные пары. Открытие первых внесолнечных планет (1995 г.). Кривая блеска. Кривая лучевых скоростей. Газовые потоки и диски в двойных системах. Распределение в пространстве двойных звезд. Видимые и истинные орбиты. Методы определения орбит двойных звезд из наблюдений и орбитальные элементы Кэмпбэлла.
26	НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ЗВЕЗДЫ.	Цефеиды и Лириды. Интерпретация наблюдательных данных об изменениях спектра, блеска, цвета, лучевой скорости, температуры, радиуса. Зависимость «период-светимость». Установление нуля пункта. Основы теории пульсации цефеид. Переменные звезды главной последовательности. Долгопериодические переменные: правильные и полуправильные. Звезды с яркими спектральными линиями: Вольфа-Райе, Р-Лебедя, Ве-звезды. Звезды поздних спектральных классов с эмиссионными линиями. Механизм образования и контуры эмиссионных линий. Протяженные атмосферы. Пылевые оболочки. Карликовые вспыхивающие звезды: UV-Кита, U-Близнецов, Т-Тельца, FU-Ориона, симбиотические звезды. Новые звезды. Физическая интерпретация кривой блеска и изменений в спектрах. Оболочки новых, их массы и динамика. Механизм вспышки новых.

		Сверхновые звезды. Классификация, кривые блеска, спектры и их интерпретация. Остатки сверхновых. Крабовидная туманность. Пульсары. Источники космических лучей.
27	ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД.	Теория эволюции звезд. Образование и сжатие протозвездного облака. Неустойчивость Рэлея-Джинса. Выход звезды на главную последовательность. Уход звезды с главной последовательности. Гелиевая вспышка. Стадия пульсационной неустойчивости. Последние стадии эволюции звезды: образование планетарной туманности и белого карлика при эволюции объекта малой массы; вспышка сверхновой и образование нейтронной звезды. Вспышки сверхновых I типа и образование «черных дыр». Проблема поиска черных дыр. «Кварковые» звезды. Особенности эволюции тесных двойных систем.
28	ПРОИСХОЖДЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	Звезды – «фабрики» по производству химических элементов. Реакции ядерного синтеза. Реакции деления ядер химических элементов быстрыми и медленными нейтронами. Образование ядер: гелия; лития и бериллия; с углерода до железа; с железа до висмута. Образование ядер тяжелых элементов.
29	ФИЗИКА ГАЛАКТИКИ.	Строение Галактики. Размеры, форма, объекты, входящие в Галактику. Распределение звезд в Галактике. Млечный Путь. Галактическая система координат. Методы звездной статистики. Функции светимости, блеска, звездной плотности в окрестностях Солнца. Основные теоремы звездной статистики. Собственные движения и лучевые скорости звезд. Пространственные скорости звезд. Положение Солнца в Галактике и его движение к апексу Солнечной системы. Определение элементов апекса по собственным движениям и лучевым скоростям звезд. Вращение Галактики. Метод Оорта. Масса Галактики. Ядро Галактики. Галактическая орбита Солнца. К-эффект. Местная система звезд. Пояс Гулда. Межзвездная среда. Поглощение света пылевой средой, его влияние на определение звездных расстояний. Избыток цвета звезд. Распределение нейтрального водорода. Спиральная структура Галактики. Газово-пылевые и планетарные

		туманности. Рассеянные скопления. Шаровые скопления. Ассоциации. Подсистемы Галактики. Типы населений. Вновь открываемые объекты Галактики. Результаты исследования Галактики с помощью аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли: «ИРАС», «ГИППАРКОС», «Эйнштейн», «Гинга», «Комптон», «ИУЕ», «КТХ», космической станции «Мир» МКС и др. (1980-2014). Магнитные поля в Галактике. Космические мазеры.
30	МЕТАГАЛАКТИКА.	Классификация галактик по Хаббл. Определение расстояний до галактик. Физические свойства галактик. Ядра галактик. Спектры галактик. Красное смещение в спектрах галактик. Закон Хаббла. Галактики с активными ядрами. Активность ядра нашей Галактики. Трудности модели Галактики с центральной «черной дырой». Взаимодействующие галактики. Наблюдательные данные о состоянии материи в Метагалактике. Результаты исследования Метагалактики с помощью аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли: «ИРАС», «ИУЕ», «Гинга», «Спартан-1», «Эйнштейн», «Комптон», «КТХ».
31	КОСМОЛОГИЯ.	Предмет космологии. Трудности классической космологии. Фотометрический, гравитационный и термодинамический парадоксы. Релятивистские космологические модели. Модели изотропной Вселенной: Эйнштейна, Фридмана, де Ситтера. Проблема расширяющейся Вселенной. Критическая плотность. Постоянная Хаббла. Проблема сингулярности. Гравитационная неустойчивость, возникновение и эволюция галактик. Нестационарные процессы в ядрах галактик. Триединство пространства, времени и материи. Познаваемость мира.
32	ПРОБЛЕМА ПОИСКА ЖИЗНИ ВО ВСЕЛЕННОЙ.	Становление науки о поиске жизни в Космосе. Прошлое и будущее земной цивилизации. Модели распределения внеземных цивилизаций в пространстве-времени. Поиск внесолнечных обитаемых планет с помощью КА 2010-2015 гг. Возможные формы жизни вне Земли. Способы связи с внеземными цивилизациями. О встрече с внеземным разумом как величайшем событии в истории человечества. О «НЛО», уфологии и

		астрологии. Перспективы развития науки (SETI-SETI) о поиске космической жизни в XXI веке. (Проблема SETI – фундаментальная проблема астрофизики XXI века).
--	--	---

Темы лабораторных работ

№ лабораторной работы	Тема лабораторной работы	Наименование раздела программы
1	Созвездия	Введение
2	Подвижная карта звездного неба	Небесная сфера
3	Небесная сфера	Небесная сфера
4	Измерение времени	Измерение времени в астрономии
5	Годовое движение Солнца	Измерение времени в астрономии
6	Параллактический треугольник	Параллактический треугольник. Построение физической инерциальной системы отсчета.
7	Восход и заход Солнца	Сферический треугольник Солнечные и лунные затмения
8	Задача двух тел (закон всемирного тяготения)	Небесномеханические аспекты задачи двух тел. Приливы и отливы. Прецессия и нутация земной оси.
9	Движение космических аппаратов	Методы определения расстояний в космосе. Основы космонавтики
10	Фотометрия звезд	Методы астрофизических исследований.
11	Луна	Система Земля-Луна
12	Планеты	Астрофизический обзор планет земной группы. Астрофизический обзор планет-гигантов Система Плутон-Харон – Никс– Гидра – Стикс – Цербер
13	Кометы и метеоры	Астероиды - малые планеты. Кометы. Метеороиды.
14	Солнце	Физика Солнца.
15	Солнечная активность	Физика Солнца.
16	Спектральная классификация звезд	Стационарные звезды. Теория лучистого равновесия и непрерывный спектр звезд. Образование линий поглощения в спектрах звезд
17	Определение температуры звезд	Строение звезд
18	Кратные звезды	Двойные звезды. Нестационарные звезды.

		Эволюция звезд.
19	Движение звезд	Происхождение химических элементов. Построение физической инерциальной системы отсчета.
20	Строение Галактики	Физика Галактики. Метагалактика. Космология.
21	Проблема поиска внеземных цивилизаций	Проблема поиска жизни во Вселенной.

Задания лабораторных работ по темам представлены в Приложении 2.

4. Планируемые результаты

Реализация дополнительной общеразвивающей программы «Астрономия: тайны звездного неба» предполагает следующие результаты:

Метапредметные:

– уметь быстро и свободно перестраивать направленность мыслительного процесса;

Личностные:

– проявление у обучающихся устойчивого интереса к астрономии;

– умение работать в команде, проявление коммуникативных и лидерских качеств;

Предметные:

– знание истории астрономии и основных этапов становления астрономии как науки;

– знание историю астрономии России;

– знание основных астрономических определений и теориях;

– освоение теоретических знаний об основных научных методах астрономии (астрометрии, небесной механики, астрофизики);

– освоение теоретических знаний системы законов современной астрономии, происхождение астрономической терминологии и понимание закономерностей исторического развития астрономии;

– умение анализировать астрономические явления;

– умение анализировать наблюдаемые астрономические события;

– умение работать с историческими астрономическими текстами;

– проявление творческих способностей обучающихся в решении нестандартных астрономических задач.

Раздел № 2 «Комплекс организационно-педагогических условий»

1 Календарный учебный график

Количество учебных недель: 36 недель;

Количество учебных дней: 36 дней.

2. Условия реализации программы

2.1. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная доской, проекционной техникой и экраном.

Для проведения практических занятий необходимы лаборатория астрономии и астрономическая обсерватория, оснащенные следующими техническими устройствами:

– телескоп (D=250 мм);

– телескоп АЗТ-9;

– телескоп «МИЦАР» (3 шт.);

- телескоп «АЛЬКОР» (2 шт.);
- труба зенит-командир (ТЗК). (3 шт.);
- бинокулярная морская труба (БМТ);
- теодолит (3 шт.);
- школьный телескоп-рефрактор (2 шт.);
- хронограф;
- звездные атласы – 20 экз.;
- подвижные карты звездного неба – 20 экз.;
- астрономический календарь на текущий год;
- астрономический ежегодник ран на текущий год;
- модель небесной сферы (4 шт.);
- глобус звездного неба (3 шт.);
- глобус Земли;
- глобус Луны (4 шт.);
- глобус Марса (2 шт.);
- модель Солнечной системы (2 шт.);
- теллурий (2 шт.);
- видеокамера;
- кинопроектор;
- микрокалькуляторы (10 шт.);
- компьютер, ноутбук, сеть ИНТЕРНЕТ;
- Электронный планетарий “REDSHIFT-7”

Кроме технических устройств необходимы дидактические материалы на соответствующих носителях и расходные материалы (чистые диски, бумага и краска для принтера).

Программное обеспечение

- комплект прикладных программ “MAPLE™13” для проведения аналитических преобразований и численных экспериментов в астрономии;
- электронный планетарий “REDSHIFT-6”;
- пакет прикладных программ для программируемых микрокалькуляторов

2.2. Кадровое обеспечение

Настоящая программа может быть реализована педагогом дополнительного образования или учителем, имеющими высшее профессиональное образование в области астрономии и физики. Желателен опыт работы с одаренными детьми, умение стимулировать их познавательную активность, поддерживать различные виды интеллектуальной и творческой деятельности; наличие высокого потенциала и способностей к профессиональному саморазвитию и самосовершенствованию.

3. Формы аттестации

3.1. Формы отслеживания и фиксации образовательных результатов

Проверка результатов обучения проводится в форме итоговой аттестации – выполнение заданий олимпиадного уровня. Результаты обучения также отслеживаются в ходе выполнения олимпиадных заданий на муниципальном, региональном и заключительном этапах всероссийской олимпиады школьников по астрономии. Итоги реализации программы также видны по результатам участия обучающихся в научных конференциях, астрономических конкурсах, проектах, олимпиадах различного уровня. Темы поисково-исследовательских работ по астрономии по дополнительной общеразвивающей программе «Астрономия: тайны звездного неба» представлены в Приложении 1.

Формы подведения итогов по каждому разделу /теме программы

1. Отчеты по решению олимпиадных задач.
2. Отчеты по лабораторным работам.
3. Участие в одном из четырех этапов всероссийской олимпиады школьников по астрономии.
4. Подготовка творческих поисково – исследовательских работ.
5. Выступление с докладами на студенческой научной конференции «Дни науки в ЯГПУ», (март, ежегодно, Центр им. В.В. Терешковой»).
6. Выступление с докладами на всероссийской конференции школьников «Дорога к звездам» (апрель, ежегодно, Центр им. В.В.Терешковой»).
7. Публикация тезисов докладов в трудах региональных, всероссийских и международных научных конференций школьников.
8. Публикации результатов исследований в региональных, всероссийских и международных изданиях.

4. Методическое обеспечение

Освоение содержания программы способствует интеллектуальному, творческому, эмоциональному развитию обучающихся. При реализации содержания программы учитываются возрастные и индивидуальные возможности подростков, создаются условия для успешности каждого ребенка. При отборе содержания и структурирования программы использованы обще-дидактические принципы:

- доступности;
- преемственности;
- перспективности;
- развивающей направленности;
- учета индивидуальных особенностей;
- органического сочетания обучения и воспитания, практической направленности и
посильности.

Основной формой организации образовательного процесса по данной программе является учебное занятие, направленное на активный поиск

и приобретение знаний обучающимися, включение их в атмосферу сотрудничества. Большая часть времени на учебном занятии отводится решению практических задач.

Учитывая специфику содержания данной программы, первый год обучения посвящен изучению всех разделов астрономии, второй, третий и четвертый годы предполагают, углубленное изучение тем и включает практическую работу по ранее изученным тематическим блокам (решение олимпиадных заданий разных типов с учетом индивидуальных достижений обучающихся).

Формы занятий: лекции, практические занятия, семинары, лабораторные работы, а также практические занятия в рамках образовательных проектов.

5. Список литературы

5.1. Нормативно-правовые документы

1. Федеральный Закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» с изменениями.
2. Федеральный закон от 31.07.2020 г. № 304-ФЗ о внесении изменений в Федеральный закон Российской Федерации «Об образовании в Российской Федерации по вопросам воспитания обучающихся».
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ № 652н от 22 сентября 2021 г. «Об утверждении профессионального стандарта "Педагог дополнительного образования детей и взрослых».
4. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 23.08.2017 г. № 816 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации от 18.09.2017 г., регистрационный № 48226) «Порядок применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».
5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении СП 2.4.3648 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
7. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 02 ноября 2021 г. № 27 «О внесении изменения в пункт 3 постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 30.06.2020 № 16 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1/2.4.3598-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)».
8. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 21.03.2022 г. № 9 «О внесении изменений в санитарно-эпидемиологические правила СП 3.1/2.4.3598-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-2019)", утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30.06.2020 № 16»;

9. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 27.07.2022 № 629 «Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
10. Распоряжение Правительства РФ от 31 марта 2022 г. № 678-р «Концепция развития дополнительного образования детей до 2030 года».

5.2. Учебно-методическая литература

1. Астрономические календари-ежегодники 2014.
2. Гусев Е.Б. Сборник качественных задач по астрофизике. Рязань: РГПУ, 2001. 176 с.
3. Гусев Е.Б., Сурдин В.Г. Расширяя границы Вселенной. История астрономии в задачах. М.: МЦНМО, 2003. 176 с.
4. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М.: Высшая школа, 1974.
5. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. М.: УРСС, 2005. 544 с.
6. Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии. М.: УРСС, 2002. 688 с.
7. Левитан Е.П. Астрономия-11. М.: Просвещение, 2004.
8. Муртазов А.К. Астрономические термины. Рязань: РГПУ, 2002. 192 с.
9. Муртазов А.К. Экология околоземного космического пространства. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 304 с.
10. Перов Н.И. Астрономические задачи. Ярославль: ЯГПИ, 1993. 190 с.
11. Перов Н.И., Тихомирова Е.Н. Проблема поиска внеземных цивилизаций в Метагалактике. Ярославль: ЯГПУ, 2012. 83 с.
12. Путеводитель астронома по ИНТЕРНЕТУ. <http://www.chat.ru/~samod>
13. Томанов В.П. Атлас звездного неба. Вологда: Русь, 1996.
14. Угольников О.С. Небо начала века. 2001–2012. М.: Сельянов А.Д., 2000. 320 с.
15. Перов Н.И., Тихомирова Е.Н. Подвижная карта звездного неба. Учебно-методическое пособие по астрономии для школьников. Ярославль: ИНДИГО, 2014, 44 с.

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. <http://antwpr.gsfc.nasa.gov/apod/lib/aptree.html> - Астрономическая картина дня.
5. <http://exoplanet.eu/> - энциклопедия внесолнечных планет.
6. <http://www.cfa.harvard.edu/iau/MPEph/MPEph.html> - данные о малых телах

Солнечной системы.

7. <http://www.nasa.gov/topics/solarsystem/index.html> - исследования Солнечной системы с помощью космических аппаратов.
8. http://en.wikipedia.org/wiki/Category:Lists_of_minor_planets_by_number – Список малых планет.
9. <http://ssd.jpl.nasa.gov/dat/ELEMENTS.COMET> - орбитальные параметры известных комет.
10. http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html - база данных публикаций по астрономии и астрофизике с высоким индексом цитируемости .
11. <http://astronomiya.com/> - новости астрономии на русском языке.
12. <http://nineplanets.org/> - данные о крупных телах Солнечной системы.
13. <http://www4.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/meetings/> - информация о планируемых астрономических и астрофизических конференциях в мире (включая научно-методические секции).

Темы творческих, поисково-исследовательских работ по астрономии

по дополнительной общеобразовательной – дополнительной общеразвивающей программе «Астрономия: тайны звездного неба» (ожидается получение оригинальных – научно-значимых – результатов, которые могут быть представлены на региональные, Российские и Международные конкурсы научных работ, научные конференции и опубликованы в ведущих астрономических изданиях, включая издания Российской академии наук):

1. Разработка методов поиска неизвестных астероидов в поясах Казимирчак-Полонской.
2. Разработка методов локализации новых планет в Солнечной системе.
3. Определение астрофизических параметров комет, сближающихся с Солнцем (семейства Крейца, Марсдена, Крафта, Мейера).
4. Установление формы гипотетических кометных резервуаров (облака Оорта, облако Хиллса, пояс Койпера).
5. Поиск унифицированной небесно механической модели процесса миграции кометных ядер с периферии во внутренние части Солнечной системы.
6. Разработка универсальной модели происхождения комет.
7. Разработка метода исследования комет с помощью искусственных спутников комет.
8. Разработка методов поиска галактических метеоров.
9. Поиск астероидов и комет, сближающихся с Землей на опасные расстояния.
10. Разработка универсального метода определения первоначальных орбит опасных астероидов и комет.
11. Построение унифицированного распределения частиц космического мусора по размерам.
12. Поиск периодичностей в сейсмической активности Земли и их астрономическая интерпретация.
13. Исследование метеоритных кратеров на основе нетрадиционных представлений их форм.
14. Разработка метода оценки полного числа планет вблизи звезд.
15. Разработка методов открытий спутников внесолнечных планет.
16. Разработка методов открытий колец вблизи внесолнечных планет.
17. Разработка методов открытий малых тел вблизи спутников внесолнечных планет.
18. Разработка методов локализации радиационных поясов внесолнечных планет.
19. Поиск изотермических траекторий планет в окрестностях двойных звезд и разработка элементов научной программы для КА (2014-2017 гг.).
20. Эволюция орбиты космического аппарата, обладающего электрическим зарядом и движущегося в магнитном и гравитационном полях планеты.
21. Эволюция орбит спутников в атмосферах планет.
22. Оценка времени жизни гипотетического кольца Плутона.
23. Определение времени жизни малых тел в различных гравитирующих системах.
24. Представление диаграммы «спектр – светимость» в нетрадиционном виде и установление новых закономерностей между параметрами звезд.
25. Поиск черных дыр со свойствами элементарных частиц.
26. Исследование распределения массы Галактики.
27. Определение параметров пояса Гулда.
28. Исследование распределений ближайших к Солнцу звезд по различным параметрам.
29. Построение унифицированной модели кольцевых структур Вселенной.
30. Исследование объектов и явлений Вселенной с использованием сети “INTERNET”.
31. Поиск неизвестных космических объектов по данным обработки обзорных фотоснимков звездного неба.
32. Разработка методов поиска и отождествления геостационарных спутников.
33. Астрономическая интерпретация эзотерических систем мира африканских народов: бозо, бамбара, малинке.

34. Астрономическая интерпретация христианских праздников (Рождество, Пасха) и библейских мифов (сотворение мира, всемирный потоп, Вифлеемская звезда).
35. Разработка программ наблюдений на автоматических телескопах.
36. Разработка метода определения точных положений небесных тел при произвольной установке телескопа с ПЗС-матрицей.
37. Физика аномальных явлений.
38. Разработка методов поиска внеземных цивилизаций земного типа.
39. Разработка проектов космических путешествий.
40. История развития астрономии в Ярославской области.
41. Космонавтика и Ярославская область.

Лабораторная работа № 1

Созвездия

Цель работы: ознакомление с созвездиями, яркими звёздами и картами звёздного неба.

Литература: [3 – 7], [8], [10], [13 – 14].

Пособия: подвижная карта звёздного неба, фотографии участков звёздного неба, телескоп «Мицар».

1. Пользуясь картой звездного неба (ПКЗН), составить список 25 созвездий, содержащих наиболее яркие звезды (таблица).
2. По таблицам «Звездного атласа» [13] определить названия ярких звезд этих созвездий, найти их на карте и указать буквенное обозначение (таблица).

Таблица к заданиям 1 и 2

№ п.п.	Созвездия	Яркие звёзды
...	...	...

3. По картам атласа [13] определить звездные величины пяти звезд в одном из созвездий, указанных в составленной таблице.
4. Определить названия созвездий и ярких звезд, приведенных на снимках звездного неба. Сделать рисунок в тетради.
5. Пользуясь картами звездного атласа [13] и условными обозначениями, указать в одном из созвездий видимое невооружённым глазом число:
 - а) двойных звезд;
 - б) переменных звезд;
 - в) звездных скоплений;
 - г) туманностей.

Лабораторная работа № 2

Подвижная карта звездного неба

Цель работы: использование подвижной карты звёздного неба при изучении звездного неба.

Литература: [1], [4 – 8], [10], [12 – 14].

Пособия: подвижная карта звёздного неба, атласы.

1. Установить подвижную карту звездного неба на день и час занятий и указать расположение созвездий на небесном своде, отдельно отметив восходящие и заходящие в это время светила.
2. Изучить контуры созвездий Большой Медведицы, Малой Медведицы, Кассиопеи, Лебедя, Льва, Пегаса, Возничего и Ориона.

3. Установить подвижную карту звездного неба последовательно на 0 ч, 6 ч, 12 ч и 18 ч 1 октября, указать расположение в эти моменты времени созвездий Большой Медведицы, Ориона, Кассиопеи, Лебеда и сформулировать выводы о характере и причине изменения вида звездного неба в течение суток.
4. Определить день года, в который в 8 ч 30 мин вечера в верхней кульминации находится звезда:
1) Вега; 2) Альдебаран; 3) Арктур; 4) Денеб; 5) Капелла; 6) Алголь; 7) Спика; 8) Регул.
5. Определить дату, в которую та же звезда в тот же момент суток находится в нижней кульминации.
6. В дни 21 марта, 22 июня, 23 сентября и 22 декабря найти моменты восхода, верхней кульминации, захода и нижней кульминации звезды:
1) Альтаира; 2) Сириуса; 3) Поллукса; 4) Ригеля; 5) Антареса; 6) Бетельгейзе;
7) Прокциона; 8) Кастора.
7. Определить время восхода и захода Большой Медведицы и Кассиопеи в произвольно выбранный день года.
8. Из анализа результатов пунктов 4 – 7 сформулируйте выводы: а) о продолжительности промежутка времени между моментами верхней и нижней кульминаций одних и тех же звезд в пределах суток; б) об изменении моментов времени восхода, кульминации и захода звезд на протяжении года, указав направление и величину этого изменения за полгода, за месяц, за полмесяца, за сутки; в) об условиях видимости различных созвездий в данном месте Земли.
9. Составьте список созвездий, через которые проходит Солнце в течение года. Укажите продолжительность пребывания Солнца в каждом из них.

Лабораторная работа № 3

Небесная сфера

Цель работы: изучение основных элементов небесной сферы, определение координат точек небесной сферы.

Литература: [1 – 8], [10], [12 – 14].

Пособия: небесная сфера, подвижная карта звёздного неба, звёздный атлас, школьный телескоп.

1. Сделать рисунок модели небесной сферы, указав названия ее основных кругов и точек.
2. Начертить изображение небесной сферы в проекции на плоскость небесного экватора. Обозначить основные линии и точки небесной сферы.
3. Установить модель небесной сферы последовательно в соответствии с географическими широтами $\varphi = +90^\circ$ (наблюдатель находится на северном полюсе Земли), $\varphi = +60^\circ$, $\varphi = 0^\circ$ (наблюдатель находится на экваторе Земли). Отметить расположение основных кругов и точек небесной сферы относительно горизонта. Сделать рисунки в проекции на плоскость небесного меридиана.
4. Отождествить на модели небесной сферы (для $\varphi = +60^\circ$) ее основные элементы, изображенные на подвижной карте звездного неба.
5. Укрепить насадку, изображающую звезду, на одном из кругов склонений и определить приближенно экваториальные и горизонтальные координаты. Сделать это для западного и восточного полушария небесной сферы.
6. Определить экваториальные и горизонтальные координаты точек юга, севера, востока, запада, зенита, надира, северного полюса мира, южного полюса мира, верхней и нижней точек небесного экватора для географической широты $\varphi = +60^\circ$ в момент захода точки весеннего равноденствия. Составить таблицу:

Точка	Горизонтальные координаты	Экваториальные координаты			
	A	h	t	☐	☐
S					
...	...	...	...	...	...

7. Укрепить насадку-звезду на одном из кругов склонений и проследить, как изменяются горизонтальные и экваториальные координаты точки при суточном движении светила ($\varphi = +60^\circ$). Указать пределы и характер этого изменения для каждой координаты.

Лабораторная работа № 4

Измерение времени

Цель работы: ознакомиться с основными понятиями времени и единицами его измерения; изучить методы определения солнечного времени, поправок и хода звездных и солнечных часов.

Литература: [1], [5 – 8], [10], [13].

Пособия: небесная сфера, подвижная карта звёздного неба, звёздный атлас, астрономические календари.

А.

- Взяв на модели небесной сферы в произвольной точке светило, показать справедливость формулы $s = \alpha_* + t_*$, связывающей прямое восхождение светила, его часовой угол и звездное время s в данный момент.
- Найти на небесной сфере точку весеннего равноденствия и поставить сферу для моментов звездного времени s : 0^h , 6^h , 12^h , 18^h .
- В какой части неба и под каким часовым углом будут находиться звезды Альдебаран и Вега в моменты верхней и нижней кульминации точки весеннего равноденствия? (Прямое восхождение звезд найти из школьного астрономического календаря.)
- При помощи астрономического календаря найти уравнение времени η для данных суток и проследить, как оно изменяется в течение года. В чем отличие в нахождении η по АЕ и АК? Начертить график уравнения времени. Укажите минимальную степень полинома, с помощью которого уравнение времени можно представить аналитически с удовлетворительной точностью на промежутке времени в один год.
- Показать на модели небесной сферы, что солнечные сутки длиннее звездных. Отмечая положение среднего Солнца на небесной сфере, показать, на сколько часов оно будет кульминировать позже точки весеннего равноденствия 12 апреля и 22 мая, то есть каково будет в эти дни звездное время в средний солнечный полдень. Чему равняется звездное время в полночь данного дня? в 15 часов среднего солнечного времени?
- Пользуясь подвижной картой звездного неба, показать:
 - чему равно в данный момент местное звездное время;
 - какой час по среднему солнечному времени в данные сутки, когда звездные часы показывают $00^h 00^m$, $12^h 00^m$, $18^h 00^m$.
- Вычислить, чему равно звездное время в среднюю местную полночь, предшествующую дню занятия.

Б.

1. Пролет ИСЗ над Ярославлем произойдёт по всемирному времени в $T_0 = 17^h 34^m$. Найти соответствующее ему летнее, декретное, поясное, среднее солнечное и истинное солнечное время в Ярославле. В какой момент времени по вашим часам следует наблюдать этот спутник в дату занятий?
2. Определить момент истинного полдня в данном пункте по часам, идущим по декретному (летнему) времени.
3. Местное (среднее солнечное) время пункта наблюдения, лежащего в четвертом поясе, $T_m = 6^h 10^m 50^s$. Найти поясное и декретное время, если $\lambda = 3^h 12^m 00^s$.
4. 21 августа 1991 г. в одном из населенных пунктов местное звездное время $s = 8^h 12^m 30^s$. Найти истинное солнечное и среднее солнечное время в пункте в этот же момент, если восточная долгота пункта $\lambda = 12^h 12^m 00^s$.

Лабораторная работа № 5

Годовое движение Солнца

Цель работы: изучение закономерностей, связанных с обращением Земли вокруг Солнца.

Литература: [1], [4 – 8], [10], [13].

Пособия: небесная сфера, подвижная карта звездного неба, звездный атлас, астрономические календари, микрокалькулятор, ПЭВМ, интернет.

1. Вычислить наклонение эклиптики и определить экваториальные и эклиптические координаты ее основных точек по измеренному зенитному расстоянию Солнца в верхней кульминации в дни солнцестояний:

22.06	29° 48′	19° 23′	34° 57′	32° 21′	14° 18′	28° 12′
22.12	76° 42′	66° 17′	81° 51′	79° 15′	61° 21′	75° 06′

2. Сформулировать причины видимого годового движения Солнца по эклиптике и ее наклонения к небесному экватору на определенный угол, приведя в качестве доказательства соответствующий чертеж.
3. Определить наклонение видимого годового пути Солнца к небесному экватору на Марсе, Юпитере и Уране.
4. Определить наклонение эклиптики около 3000 лет назад, если по наблюдениям в ту эпоху в некотором месте полушария Земли полуденная высота Солнца в день летнего солнцестояния равнялась $+63^\circ 48'$, а в день зимнего солнцестояния $+16^\circ 00'$ к югу от зенита.
5. По результатам пунктов 1 и 4 сформулировать вывод о причине и направлении изменения наклонения эклиптики и вычислить величину годичного изменения наклонения.
6. По картам звездного атласа установить названия и границы зодиакальных созвездий, указать те из них, в которых находятся основные точки эклиптики, и определить среднюю продолжительность перемещения Солнца на фоне каждого зодиакального созвездия.
7. По подвижной карте звездного неба выяснить изменение условий видимости зодиакальных и прилегающих к ним созвездий на протяжении года и объяснить причину этого изменения.

8. По подвижной карте звездного неба определить азимуты точек и моменты времени восхода и захода Солнца, а также примерную длительность дня и ночи на географической широте карты в дни равноденствий и солнцестояний.
9. Из эфемериды Солнца [1] выписать значения азимутов точек и моментов времени восхода и захода Солнца на географической широте $\varphi = +56^\circ$ и вычислить для той же широты продолжительность дня и ночи в дни равноденствий, солнцестояний и в следующие дни года:
 - а) 28 января, 1 мая, 11 августа, 14 ноября;
 - б) 3 февраля, 4 мая, 8 августа, 8 ноября;
 - в) 31 января, 8 мая, 4 августа, 11 ноября;
 - г) 6 февраля, 11 мая, 1 августа, 5 ноября.
10. Вычислить для дней равноденствий и солнцестояний полуденную и полуночную высоту Солнца в: 1) Ярославле, 2) Москве, 3) Санкт-Петербурге, 4) Рязани, 4) Казани, 5) Омске, 6) Новосибирске, 7) Смоленске, 8) Витебске.
11. Из анализа результата пунктов 9 и 10 сформулировать выводы о характере и причине изменения на протяжении года:
 - а) азимутов точек восхода и захода Солнца;
 - б) моментов времени восхода и захода Солнца;
 - в) полуденной и полуночной высот Солнца;
 - г) продолжительности дня и ночи.

Лабораторная работа № 6

Параллактический треугольник

Цель работы: практическое применение свойств параллактического и астрономического треугольников.

Литература: [1], [4 – 8], [10], [13 – 14].

Пособия: небесная сфера, звёздный атлас, астрономические календари, микрокалькуляторы, ПЭВМ, интернет.

1. Вычислить высоту и азимут звезды:
 - а) Капеллы 5 декабря в $17^h 32^m 18^s$ в Ярославле;
 - б) Капеллы 5 декабря в $21^h 32^m 18^s$ в Ярославле;
 - в) Капеллы 6 декабря в $01^h 32^m 18^s$ в Ярославле;
 - г) Капеллы 6 декабря в $05^h 32^m 18^s$ в Ярославле;
 - д) Сириуса 1 января $18^h 50^m 41^s$ в Ташкенте;
 - е) Сириуса 1 января $22^h 50^m 41^s$ в Ташкенте;
 - ё) Сириуса 2 января $02^h 50^m 41^s$ в Ташкенте;
 - ж) Сириуса 2 января $06^h 50^m 41^s$ в Ташкенте.
2. Сопоставив результаты вычислений для разных моментов времени в одном городе, сформулировать выводы о характере изменения часового угла, азимута и высоты светила на протяжении суток.
3. Вывести формулы для вычисления экваториальных координат светила по его горизонтальным координатам.
4. Вычислить экваториальные координаты светила по его измеренным горизонтальным координатам:
 - а) 30 июня в $23^h 16^m 42^s$ в Ярославле $h' = 53^\circ 19'$, $A = 71^\circ 14'$;
 - б) 9 февраля в $18^h 37^m 11^s$ в Москве $h' = 42^\circ 55'$, $A = 101^\circ 10'$;
 - в) 14 сентября в $21^h 02^m 49^s$ в Киеве $h' = 67^\circ 06'$, $A = 292^\circ 47'$;
 - г) 27 марта в $3^h 53^m 20^s$ в Хабаровске $h' = 70^\circ 51'$, $A = 215^\circ 08'$;
 - д) 19 августа в $21^h 13^m 52^s$ в Ереване $h' = 39^\circ 48'$, $A = 62^\circ 03'$;

- е) 3 ноября в $19^{\text{ч}} 36^{\text{м}} 18^{\text{с}}$ в Чите $h'=81^{\circ} 44'$, $A=128^{\circ} 01'$;
 ё) 23 апреля в $2^{\text{ч}} 09^{\text{м}} 28^{\text{с}}$ в Санкт-Петербурге $h'=55^{\circ} 30'$, $A=316^{\circ} 23'$;
 ж) 12 декабря в $7^{\text{ч}} 56^{\text{м}} 32^{\text{с}}$ в Сретенске $h'=44^{\circ} 51'$, $A=247^{\circ} 50'$.
5. Вычислить экваториальные и эклиптические координаты Солнца по его зенитному расстоянию, измеренному весной в истинный полдень, и указать день года, в который произведено измерение:
- а) Ярославль $z'=50^{\circ} 50'$; б) Москва $z'=63^{\circ} 58'$; в) Тбилиси $z'=37^{\circ} 25'$;
 г) Ашхабад $z'=47^{\circ} 50'$; д) Санкт-Петербург, $z'=42^{\circ} 22'$; е) Иркутск, $z'=59^{\circ} 32'$;
 ё) Николаев, $z'=40^{\circ} 19'$; ж) Ташкент, $z'=52^{\circ} 37'$.

Лабораторная работа № 7

Восход и заход Солнца

Цель работы: применение свойств параллактического треугольника для определения моментов времени восхода и захода светил и азимутов их точек восхода и захода.

Литература: [1 – 8], [10], [12 – 14].

Пособия: небесная сфера, подвижная карта звёздного неба, звёздный атлас, астрономические календари, микрокалькулятор, ПЭВМ, интернет.

1. Вычислить моменты времени и азимуты точек восхода и захода Солнца на дату, совпадающую с Вашим днём рождения, в Ярославле. Учесть рефракцию, угловой радиус Солнца, изменения склонения и уравнения времени в течение суток.
2. Вычислить для той же даты продолжительность дня и ночи и высоту Солнца в истинный полдень в том же городе.
3. Определить продолжительность гражданских сумерек (для той же даты и того же пункта).

Лабораторная работа № 8

Задача двух тел (Закон всемирного тяготения)

Цель работы: определение масс небесных тел и изучение движения небесных тел в гравитационных полях.

Литература: [1 – 8], [10], [12].

Пособия: астрономические календари, микрокалькулятор, ПЭВМ, интернет.

1. По движению Луны вокруг Земли определить массу Земли в системе СИ.
2. Вычислить круговую, параболическую и действительную скорость на среднем, перигелийном и афелийном расстояниях малой планеты:
 - а) Психеи;
 - б) Андромахи;
 - в) Эскулапии;
 - г) Урании;
 - д) Галатеи;
 - е) Глазенапии;
 - ё) Полигимнии;
 - ж) Фотографики.
3. Из сопоставления вычисленных в пункте 2 скоростей сформулировать вывод о признаках, характерных для движения тел по эллиптической орбите.
4. Определить в массах Земли массу Солнца и планеты:
 - а) Марса (по движению Фобоса);

- б) Юпитера (по движению Ио);
 - в) Сатурна (по движению Титана);
 - г) Урана (по движению Ариэля);
 - д) Нептуна (по движению Тритона);
 - е) Марса (по движению Деймоса);
 - ё) Юпитера (по движению Европы);
 - ж) Сатурна (по движению Япета).
5. Определить ускорение силы тяжести на поверхности Солнца, Луны и той же планеты.
 6. Вычислить свой вес на поверхности тех же небесных тел.
 7. Вычислить вес космического корабля «Восток» на поверхности Луны и той же планеты (вес этого корабля на Земле равен 47 000 Н).
 8. Определить ускорение силы тяжести на расстояниях равных одному, четырем и девяти радиусам от поверхности одного из тех же небесных тел.
 9. Вычислить гравитационное ускорение Земли и той же планеты в поле тяготения Солнца.
 10. Из анализа результатов пунктов 5 – 9 сформулировать вывод о причинах различия гравитационного ускорения в поле тяготения разных тел и графически изобразить зависимость гравитационного ускорения от соответствующих аргументов.
 11. Вычислить ускорения силы тяжести на поверхности Солнца, Луны и той же планеты при условии увеличения их диаметров вдвое и при сохранении их средней плотности неизменной.
 12. Определить гипотетическую массу Земли, при которой Луна обращалась бы с современным периодом, но на вдвое большем расстоянии, и сравнить гравитационное ускорение Луны в этом случае с действительным его значением.
 13. Вычислить гипотетическую массу Солнца, при которой та же планета, сохраняя свою орбитальную скорость, перестала бы быть его спутником.

Лабораторная работа № 9

Движение космических аппаратов

Цель работы: изучение теоретических основ запуска искусственных небесных тел.

Литература: [1 – 10], [12].

Пособия: астрономические календари, микрокалькулятор.

1. Вычислить круговую и параболическую скорости на поверхности Солнца, Луны, Земли и планет: а) Марса, б) Юпитера, в) Сатурна, г) Урана, д) Нептуна, е) Венеры, ё) Меркурия, ж) Плутона.
2. Вычислить круговую и параболическую скорости на расстояниях, равных 3,0, 8,0 и 35,0 радиуса от поверхности одного из этих тел.
3. Сравнить между собой вычисленные в пунктах 1 и 2 величины и сделать вывод об их изменении в зависимости от расстояния от центра небесного тела.
4. Определить период обращения и орбитальную скорость искусственного спутника Земли, обращающегося по круговой орбите на высоте: а) 630 км; б) 2630 км; в) 4630 км; г) 6630 км; д) 8630 км; е) 10 630 км; ё) 12 630 км; ж) 14 630 км.
5. По общим результатам пункта 4 построить на одном чертеже графики изменения периода обращения и скорости искусственного спутника Земли в зависимости от радиуса его орбиты и, сопоставив графики с результатами пункта 3, сформулировать вывод о причине изменения скорости и периода обращения в зависимости от расстояния.
6. Вычислить высоту над земной поверхностью, угловую и линейную скорости стационарного искусственного спутника Земли, обращающегося с периодом 1 звездные сутки в плоскости земного экватора по круговой орбите.

7. Определить условия видимости искусственного спутника Земли, обращающегося в плоскости земного экватора по круговой орбите в направлении:
 - а) с запада к востоку с периодом 1 звездные сутки;
 - б) с запада к востоку с периодом 1 средние сутки; в) с востока к западу с периодом 1 звездные сутки; г) с востока к западу с периодом 1 средние сутки.
8. По общим результатам пунктов 6 и 7 сформулировать вывод о причине различных условий видимости искусственных спутников Земли, движущихся по сходным орбитам.
9. Определить большую полуось и эксцентриситет орбиты, период обращения, перигейное и апогейное расстояния, скорость запуска, скорость в перигее и апогее ИСЗ, высота полета которого меняется в пределах:
 - а) от 240 км до 613 км («Космос-23», 13 декабря 1963 г.);
 - б) от 169 км до 523 км («Космос-39», 18 августа 1964 г.);
 - в) от 232 км до 1052 км («Космос-42», 22 августа 1964 г.);
 - г) от 227 км до 1192 км («Космос-53», 30 января 1965 г.);
 - д) от 259 км до 1720 км («Космос-54», 20 февраля 1965 г.);
 - е) от 257 км до 1676 км («Космос-63», 15 марта 1965 г.);
 - ё) от 229 км до 1154 км («Космос-70», 2 июля 1965 г.);
 - ж) от 207 км до 521 км («Космос-95», 4 ноября 1965 г.).
10. По высоте перигея и периоду обращения вычислить большую полуось и эксцентриситет орбиты, высоту апогея, скорость в перигее, скорость в апогее и скорость запуска:
 - а) корабля-спутника «Восток» (12 апреля 1961 г.), $h_q=181$ км, $T=1^h 29,1^m$;
 - б) корабля-спутника «Восход-2» (18 марта 1965 г.), $h_q=173$ км, $T=1^h 30,9^m$;
 - в) первого искусственного спутника Земли (4 октября 1957 г.), $h_q=228$ км, $T=1^h 36,2^m$;
 - г) спутника (15 мая 1958 г.), $h_q=226$ км, $T=1^h 46,0^m$;
 - д) научной космической станции «Электрон-3» (11 июля 1964 г.), $h_q=405$ км, $T=2^h 48,2^m$;
 - е) научной космической станции «Электрон-4» (11 июля 1964 г.), $h_q=459$ км, $T=2^h 53,9^m$;
 - ё) научной космической станции «Протон-2» (2 ноября 1965 г.), $h_q=191$ км, $T=1^h 32,6^m$;
 - ж) спутника радиосвязи «Молния-1» (14 октября 1965 г.) $h_q=500$ км, $T=11^h 59,0^m$.
11. Определить период обращения и орбитальную скорость искусственного спутника, обращающегося на высоте 500 км над поверхностью:
 - а) Луны; б) Меркурия; в) Венеры; г) Земли; д) Марса; е) Юпитера; ё) Сатурна; ж) Урана.
12. По общим результатам пунктов 1, 2, 3 и 11 сформулировать вывод о причинах различия периодов и скорости обращения искусственных спутников при одинаковой их высоте над поверхностью различных небесных тел.
13. Вычислить период обращения и большую полуось орбиты искусственного спутника, обращающегося со средней скоростью 3 км/с вокруг:
 - а) Юпитера; б) Земли; в) Марса; г) Венеры; д) Меркурия; е) Урана; ё) Сатурна; ж) Нептуна.
14. Вычислить скорость запуска, пределы изменения высоты и орбитальной скорости корабля-спутника, обращающегося с периодом в 4 ч по эллиптической орбите с эксцентриситетом 0,15 вокруг:
 - а) Луны; б) Меркурия; в) Венеры; г) Земли; д) Марса; е) Юпитера; ё) Сатурна; ж) Урана.
15. Из анализа общих результатов пунктов 13 и 14 сформулировать вывод о причинах различных условий запуска искусственных спутников на орбиты со сходными параметрами вокруг естественных небесных тел.
16. По параметрам орбиты искусственного небесного тела, указанного в пункте 10, вычислить массу Земли в килограммах.
17. Определить массу Луны в массах Земли и в килограммах по параметрам орбиты искусственного спутника Луны:
 - а) первый спутник «Луна-10» (3 апреля 1966 г.), $h_q=350$ км, $h_Q=1017$ км, $T=2^h 58^m 15^s$;
 - б) первый спутник «Луна-10» (сведения на 3 мая 1966 г.), $h_q=361$ км, $h_Q=1007$ км, $T=2^h 58^m 16^s$;

- в) второй спутник «Луна-11» (28 августа 1966 г.), $h_q=160\text{км}$, $h_Q=1200\text{км}$, $T=2^{\text{ч}} 57^{\text{м}} 39^{\text{с}}$;
 г) третий спутник «Луна-12» (25 октября 1966 г.), $h_q=100\text{км}$, $h_Q=1740\text{км}$, $T=3^{\text{ч}} 25^{\text{м}} 00^{\text{с}}$;
 д) космический аппарат «Луна-16» (17 сентября 1970 г.), $h_q=h_Q=110\text{км}$, $T=1^{\text{ч}} 58^{\text{м}} 36^{\text{с}}$;
 е) космический аппарат «Луна-16» (19 сентября 1970 г.), $h_q=15\text{км}$, $h_Q=106\text{км}$, $T=1^{\text{ч}} 51^{\text{м}} 12^{\text{с}}$.
18. Вычислить минимальную геоцентрическую скорость движения космического аппарата, направленного к Луне, и скорость его падения на лунную поверхность, принимая скорость запуска с Земли равной 11,3 км/с.
 19. Вычислить большую полуось и эксцентриситет простейшей орбиты, а также продолжительность полета космического аппарата от Земли до:
 - а) Марса; б) Венеры; в) Юпитера; г) Меркурия; д) Сатурна; е) Урана; ё) Нептуна; ж) Плутона.
 20. Вычислить для этого же аппарата начальную скорость его запуска с Земли и условную скорость в афелии.
 21. Определить геоцентрические конфигурации, в которых должна находиться планета в день старта космического аппарата с Земли и в день его сближения с той планетой.

Лабораторная работа № 10

Фотометрия звезд

Цель работы: определение видимых звездных величин звезд.

Литература: [1], [4 – 7], [13–14].

Пособия: звёздные атласы, астрономические календари, фотографии участков звёздного неба, микрокалькулятор.

1. По изображениям и известной видимой звёздной величине звезд № 1–6 построить характеристическую кривую фотопластинки, экспонированной:
 - а) в спектральном диапазоне V (область 1);
 - б) в спектральном диапазоне В (область 1);
 - в) спектральном диапазоне V (область 2);
 - г) в спектральном диапазоне В (область 2).
2. Пользуясь построенной характеристической кривой, определить соответствующую видимую величину звезд:
 - а) 7, 9, 11 и 14; б) 8, 10, 11 и 21; в) 8, 13, 14 и 18; г) 15, 16, 19 и 20.
3. Определить показатель цвета тех же звезд и соотношение их блеска в спектральных диапазонах В и V.
4. Из анализа результатов пунктов 1 – 3 сформулировать вывод о причине различия блеска одних и тех же звезд в различных участках спектра.
5. Вычислить отношения блеска в различных участках спектра звезд:
 - а) Мицара и τ Геркулеса;
 - б) Веги и θ Орла;
 - в) Сириуса и ϵ Персея;
 - г) Капеллы и β Дракона;
 - д) Проциона и ϵ Кассиопеи;
 - е) Антареса и ζ Персея;
 - ё) Поллукса и β Водолея;
 - ж) Альдебарана и ζ Большого Пса.
6. Вычислить видимую звездную величину первой звезды пункта 5 при увеличении и уменьшении ее расстояния от Земли в два, четыре и десять раз.
7. По результатам пункта 6 сделать вывод о влиянии расстояния на блеск звезд.

8. Определить число звезд видимой звездной величины $m=12^m,50$, суммарный блеск которых равен блеску звезды:
а) Мицара; б) Веги; в) Сириуса; г) Капеллы; д) Проциона; е) Антареса; ё) Поллукса; ж) Альдебарана.
9. Определить отношение освещенностей, создаваемых на Земле Солнцем и полной Луной.
10. Вычислить угловой диаметр и видимую звездную величину Солнца при наблюдениях его с планеты:
а) Меркурия; б) Венеры; в) Марса; г) Юпитера; д) Сатурна; е) Урана; ё) Нептуна; ж) Плутона.

Лабораторная работа № 11

Луна

Цель работы: изучение топографии Луны и определение размеров лунных объектов.

Литература: [1], [4–7], [9–10], [12–14].

Пособия: атлас Луны, астрономические календари, глобус и фотографии Луны, микрокалькулятор, фильм «Луна».

1. Определить фазу Луны на фотографиях 1, 2, 3, 4.
2. Перечислить формы рельефа, изображенные на этих фотографиях; отметить, какие из них лучше наблюдаются при данной фазе.
3. Пользуясь лунной картой, отождествить название некоторых морей, горных хребтов и наиболее крупных кратеров, видимых на фотографиях.
4. Зная линейный размер Луны (3474 км), определить масштаб фотографии и найти линейные размеры двух морей, горных хребтов и кратеров.

Вариант	Море	Хребет	Кратеры
1	Дождей	Пиренеи	Коперник, Маджини
2	Ясности	Карпаты	Птолемей, Шиккард
3	Кризисов	Алтай	Альфонс, Шиллер
4	Нектара	Альпы	Гиппарх, Клавий
5	Спокойствия	Кавказ	Аль-Баттани, Тихо
6	Плодородия	Тавр	Снеллиус, Лангрэн

5. Сравнить снимки видимой и обратной сторон Луны и, рассмотрев лунный глобус, сделать общие выводы о сходстве и различии обоих лунных полушарий.
6. Привести названия отмеченных на контурной карте деталей лунной поверхности. Выполнить рисунок в тетради.
7. Вычислить ускорение силы тяжести и параболическую скорость на поверхности Луны. Сравнить параболическую скорость движения молекул газов при температуре 0°C (водород – 1,8 км/с, гелий – 1,3 км/с, водяной пар – 0,6 км/с, азот – 0,5 км/с, углекислый газ – 0,4 км/с); сделать вывод о причине отсутствия на Луне атмосферы.
8. Определить высоту лунной горы по методу Галилея.

Лабораторная работа № 12

Планеты

Цель работы: ознакомление с некоторыми физическими характеристиками планет.

Литература: [1], [4 – 7], [9 – 10], [12 – 14].

Пособия: атласы планет земной группы, астрономические календари, глобус Марса, фотографии планет, микрокалькулятор, телескоп «Мицар».

1. Зная линейный масштаб фотографии Юпитера и Сатурна (приведенный на оборотной стороне снимков), определить их линейные экваториальные диаметры; сравнить с диаметром Земли.
2. Вычислить линейный диаметр и ширину трех колец Сатурна.
3. Измерив (в миллиметрах) на фотографиях Юпитера и Сатурна их экваториальный (2а) и полярные (2в) диаметры, определить сжатие каждой из этих планет по формуле, сравнить сжатие Юпитера и Сатурна со сжатием Земли $1/300$, объяснить причину большого различия этих величин.
4. Вычислить в сравнении с освещенностью Земли освещенность планет Меркурия, Марса и Плутона.
5. Сравнить фотографии Венеры и Луны, обнаружить различия видов серпов этих небесных тел, объяснить причину наблюдаемого различия.
6. Сравнивая фотографии Луны, Меркурия и Марса, указать, в чем заключается сходство рельефа поверхностей этих небесных тел.
7. Пользуясь третьим обобщенным законом Кеплера, вычислить массу одной из планет Солнечной системы.
8. По фотографиям определить период осевого вращения Юпитера.

Контрольные вопросы

1. На какие две группы делятся планеты по своей физической природе?
2. По каким характеристикам объединяются планеты в эти группы?
3. Какая из планет имеет наибольшую массу? наибольшую плотность? наименьшую плотность? Чему равны массы и плотности этих планет?
4. Какая из планет имеет наибольший и какая – наименьший период осевого вращения? Чему равны эти периоды?

Лабораторная работа № 13

Кометы и метеоры

Цель работы: изучение физической природы малых тел Солнечной системы.

Литература: [1 – 10], [12].

Пособия: астрономические календари, фотографии комет, метеороидов и малых планет, образец метеорита, микрокалькулятор.

1. Как можно доказать, что в действительности звезды с неба не падают?
2. Когда среди звезд наблюдается полет яркого метеора, затмевающего своим блеском звезды, как это должно выглядеть для наблюдателя, рассматривающего Землю с Луны?
3. Метеоры из потока Леонид имеют радиант с прямым восхождением 10^h и наблюдаются 14 ноября. В какое время ночи они видимы?
4. Оценить примерную ширину метеорного потока Персеид в километрах, зная, что они наблюдаются с 16 июля по 22 августа.

5. Если нанести на географическую карту пункты падения известных метеоритов, упавших в азиатской части России, то окажется, что почти все они расположены вблизи линий Сибирской железной магистрали. Чем это объяснить?
6. Вычислить в международных свечах силу света метеора, если он летит на высоте 100 км над поверхностью Земли в зените наблюдателя, имея блеск 1-й величины, и если звездная величина международной свечи на расстоянии 1 км равна $0,8^m$.
7. В пункте с широтой $\varphi=53^\circ 8'$ 25 ноября 1916 г. в $11^h 49^m$ дня в зените появился яркий огненный шар (болид), упавший на Землю в виде двух метеоритов массой 50 и 200 кг. Определить созвездие по направлению, от которого метеорит падал на Землю. Указание: применить перевод солнечного времени в звездное.
8. Вычислить, какова вероятность того, что падающий вертикально на Землю метеорит упадет какому-нибудь определенному человеку на голову, зная, что поверхность Земли равна $5,1 \cdot 10^{18} \text{ см}^2$.
9. Комета Галлея теряет массу 18,6 т/с на расстоянии 1 а.е. от Солнца. Принимая, что перигелийное расстояние кометы Галлея равно 0,587 а. е. и эксцентриситет равен 0,967, определить время ее жизни.

Лабораторная работа № 14

Солнце

Цель работы: ознакомление с внутренним строением Солнца и его атмосферой.

Литература: [1], [5 – 10], [12].

Пособия: астрономические календари, фотографии Солнца, микрокалькулятор, телескопы и астрономические трубы для наблюдений Солнца, фильм «Солнце».

1. Пользуясь нумерацией, приведенной на рисунке строения Солнца, обозначить основные зоны Солнца и слои его атмосферы.
2. Указать приближенную толщину каждого слоя, а также температуру в центре Солнца, его видимой поверхности и различных слоев атмосферы.
3. Вычислить линейный масштаб фотографии Солнца (№ 1), зная его линейный диаметр (1 390 000 км).
4. Измерить в миллиметрах смещение одного из пятен и определить период осевого вращения Солнца.
5. Вычислить светимость Солнца по величине его солнечной постоянной, равной 1360 Вт/м^2 .
6. Определить эффективную температуру Солнца по закону Стефана – Больцмана ($\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2\text{K}^4)$).
7. Определить напряжённость электрического поля и индукцию магнитного поля, характерные для электромагнитных волн, идущих от Солнца и достигающих поверхности Земли.

Контрольные вопросы

1. Чему равны масса, радиус и средняя плотность Солнца?
2. Какие химические элементы и в каком соотношении входят в состав Солнца?
3. В каком состоянии находится вещество на Солнце?
4. Что является источником солнечной энергии?
5. Как передается излучение из недр Солнца к его поверхности?
6. Чем объясняется повышение температуры в атмосфере Солнца?
7. Что такое «солнечный ветер»?

8. Какую скорость должны иметь протоны и электроны, движущиеся вблизи Солнца по круговой орбите, если напряжённость магнитного поля составляет 10^{-2} А/м? если индукция равна 10^{-2} Тл?

Лабораторная работа № 15

Солнечная активность

Цель работы: изучение физической природы Солнца.

Литература: [1], [5 – 10], [12].

Пособия: астрономические календари, фотографии Солнца, микрокалькулятор, телескопы и астрономические трубы для наблюдений Солнца, фильм «Солнечная активность».

1. По фотографии Солнца (№ 1) определить число Вольфа на момент съёмки ($k=0,7$).
2. Определить по графику пятнообразовательной деятельности Солнца примерное значение периода солнечной активности.
3. Установить по графику, в какие эпохи солнечной активности сделаны снимки Солнца (№ 2) и его короны (№ 3, 4).
4. Сделать вывод об изменении числа пятен и формы короны в зависимости от эпохи солнечной активности.
5. Пользуясь графиком, установить, какая эпоха солнечной активности наблюдается в текущем году.
6. Вычислить линейный масштаб фотографии Солнца (№ 1), зная его линейный диаметр (1 390 000 км). Определить размеры одного из пятен, сравнить их с размерами Земли.
7. Определить высоту протуберанца (№ 5) в различные моменты времени (диаметр Солнца на фотографии 15 см). Вычислить среднюю скорость движения вещества в протуберанце в различные промежутки времени.

Контрольные вопросы

1. Какие явления на Солнце относят к активным?
2. В чем причина возникновения активных образований на Солнце?
3. Какие виды излучения и как меняются при изменении активности Солнца?
4. Какие явления на Земле связаны с солнечной активностью? Каков механизм этой связи?
5. В каком году средства массовой информации будут в очередной раз сообщать о «визитах» инопланетян на Землю?

Лабораторная работа № 16

Спектральная классификация звезд

Цель работы: изучение классификации звездных спектров и определение светимости звезд.

Литература: [1], [5 – 10], [12].

Пособия: астрономические календари, атласы звёздного неба, фотографии звёздных спектров, спектры сравнения, микрокалькулятор.

А.

1. Сравнивая спектры различных звезд, установить их сходство и различие. Сделать вывод о причине сходства и различия звездных спектров.
2. Используя стандарты звездных спектров, определить спектральные классы звезд δ Скорпиона и α Лиры. По спектральному классу определить их цвет и температуру.

3. По диаграмме «СПЕКТР – СВЕТИМОСТЬ» определить абсолютную звездную величину указанных звезд, зная, что они относятся к главной последовательности.
4. Определить расстояние до этих звезд в парсеках и световых годах, если известно, что их видимые звездные величины равны: $m=0^m$ (α Лирь), $m=+2^m,3$ (δ Скорпиона).
5. Вычислить светимость указанных звезд, принимая абсолютную звездную величину Солнца равной $M_{\odot} = +4,7$.
6. По известной светимости и температуре определить радиусы этих же звезд в сравнении с радиусом Солнца.

Б.

1. По стандартам звездных спектров установить спектральные подклассы, в которых линии поглощения водорода и ионизированного кальция достигают наибольшей интенсивности.
2. Классифицировать сфотографированные щелевым спектрографом спектры некоторых звезд из созвездий:
 - а) Орла, Дельфина, Большой Медведицы и Ворона;
 - б) Близнецов, Водолея, Лебедя и Волопаса;
 - в) Змееносца, Волопаса, Близнецов и Ориона;
 - г) Лирь, Кормы, Геркулеса и Дракона;
 - д) Геркулеса, Скорпиона, Гидры и Девы;
 - е) Эридана, Большой Медведицы, Близнецов и Персея;
 - ё) Овна, Дракона, Ориона и Стрельца;
 - ж) Андромеды, Девы, Кассиопеи и Большой Медведицы.
3. Вычислить абсолютную визуальную звездную величину Солнца.
4. Вычислить расстояние и абсолютную видимую и абсолютную фотографическую звездную величину, светимость в V-лучах и светимость в В-лучах звезд:
 - а) Мицара, μ Близнецов, ϵ Ориона и BD – 15° 4042;
 - б) Альдебарана, ζ Персея, χ Дракона и звезды Каптейна;
 - в) Денеба, η Кассиопеи, η Скорпиона и Просимы Центавра;
 - г) Капеллы, γ Водолея, α Зайца и Сириуса В;
 - д) Ригеля, ϵ Девы, δ Кассиопеи и Проциона В;
 - е) Арктира, γ Змееносца, η Льва и BD – 15° 4041;
 - ё) Геммы, β Водолея, α Кита и ϵ Индейца;
 - ж) Проциона, β Геркулеса, η Орла и 61 Лебедя А.
5. Приписав звездам пункта 4, в соответствии с их спектральным подклассом, среднюю температуру, построить зависимость между показателем цвета и температурой звезд, указав на том же графике основные спектральные классы.
6. По результатам пункта 5 сформулировать вывод о причине различия показателей цвета и спектров звезд.
7. Вычислить отношение визуального блеска и визуальной светимости звезд:
 - а) Поллукса и α Волка;
 - б) Фомальгаута и δ Персея;
 - в) Спики и ζ Ориона;
 - г) Регула и ϵ Возничего;
 - д) Сириуса и γ Лебедя;
 - е) Веги и ρ Льва;
 - ё) Альтаира и τ Ориона;
 - ж) Дубхе и δ Большого Пса.
8. Вычислить видимую звездную величину Солнца с расстояния одной из звезд, указанных в пункте 7.

9. Из анализа общих результатов пунктов 3–8 сформулировать вывод о физической природе Солнца и звезд.
10. Схематически изобразить диаграмму Герцшпрунга – Рассела, отметить на ней положение Солнца и заданных звезд (пункт 4) и указать последовательности, к которым принадлежат эти светила.
11. Приблизительно оценить пределы абсолютной звездной величины и светимости звезд в различных последовательностях.

Контрольные вопросы

1. Что лежит в основе гарвардской классификации звездных спектров?
2. На какие основные и дополнительные классы подразделяются звездные спектры?
3. На какие последовательности подразделяются звезды на диаграмме «СПЕКТР – СВЕТИМОСТЬ»?
4. Чем различаются звезды разных последовательностей по внутреннему строению?

Лабораторная работа № 17

Определение температуры звезд

Цель работы: изучение некоторых методов определения температуры звезд.

Литература: [1], [4 – 10], [12].

Пособия: астрономические календари, атласы звёздного неба, фотографии звёздных спектров, спектры сравнения, микрокалькулятор.

1. Разработать метод определения температуры звёзд на основе формулы Планка для чернотельного излучения.
2. Вычислить цветовую температуру Солнца и звезд:
 - а) Бетельгейзе и β Большого Пса;
 - б) Альдебарана и ϵ Ориона;
 - в) Проциона и γ Кассиопеи;
 - г) Спика и λ Водолея;
 - д) Антареса и ϵ Большого Пса;
 - е) Денеба и β Андромеды;
 - ё) Капеллы и σ Ориона;
 - ж) Регула и δ Девы.
3. Вычислить температуру Солнца по значению солнечной постоянной.
4. Из анализа результатов пунктов 2 и 3 сформулировать вывод о причине некоторого расхождения значений температуры одного и того же светила, определяемой разными методами.
5. Вывести формулу Планка и законы Стефана – Больцмана и Вина, используя модель излучения абсолютно чёрного тела.

Лабораторная работа № 18

Кратные звезды

Цель работы: определение блеска и светимости кратных звезд.

Литература: [1], [4–7], [10], [13].

Пособия: астрономические календари, атласы звёздного неба, фильм «Двойные звёзды», микрокалькулятор.

1. Вычислить проекцию на картинную плоскость линейного расстояния между компонентами звезды, их светимость, суммарную видимую звездную величину и общую светимость двойных звезд:
 - а) ϵ Волопаса и ζ Геркулеса;
 - б) δ Змеи и β Лебеда;
 - в) γ Дельфина и η Персея;
 - г) θ Возничего и η Кассиопеи;
 - д) δ Близнецов и α Гончих Псов;
 - е) γ Девы и δ Геркулеса;
 - ё) ζ Большой Медведицы и δ Лебеда;
 - ж) γ Льва и α Рыб.
2. Определить по таблицам блеск двойной звезды:
 - а) π Андромеды; б) β 1 Лебеда; в) ζ Водолея; г) π Волопаса; д) 32 Эридана; е) γ Овна;
 - ё) ξ Волопаса; ж) γ Кита.
3. Вычислить блеск кратной звезды:
 - а) ϵ Лиры; б) θ Ориона; в) 12 Рыси; г) ξ Скорпиона; д) γ Андромеды; е) β Единорога;
 - ё) ζ Рака; ж) ϵ Гидры.
4. Определить блеск компонентов трехкратной звезды по ее видимой звездной величине m и соотношению блеска ее компонентов:
 - а) $m=3^m,62$, первый компонент ярче второго в 3,2 раза, а третий слабее второго в 1,6 раза;
 - б) $m=4^m,21$, первый компонент ярче второго в 1,5 раза, а второй ярче третьего в 2,1 раза;
 - в) $m=4^m,02$, второй компонент слабее первого в 2,5 раза и ярче третьего в 1,8 раза;
 - г) $m=4^m,56$, второй компонент слабее первого в 3,5 раза, а третий слабее второго в 1,2 раза;
 - д) $m=4^m,47$, первый компонент ярче второго в 2 раза, а третий слабее второго в 3,7 раза;
 - е) $m=5^m,23$, третий компонент слабее первого в 3,9 раза и слабее второго в 2,2 раза;
 - ё) $m=5^m,48$, первый компонент ярче второго в 2,4 раза, а третий слабее второго в 1,3 раза;
 - ж) $m=3^m,74$, первый компонент ярче второго в 3 раза, а второй ярче третьего в 1,9 раза.
5. Определить звездную величину компонентов трехкратной звезды по ее общей звездной величине m и по соотношению блеска между компонентами:
 - а) $m=5^m,28$, первый компонент ярче второго в 2,1 раза, а второй ярче третьего на $0^m,56$.
 - б) $m=3^m,70$, второй компонент ярче третьего в 2,8 раза, а первый ярче третьего на $3^m,32$;
 - в) $m=5^m,43$, первый компонент ярче третьего в 4,2 раза и ярче второго на $0^m,95$;
 - г) $m=3^m,56$, первый компонент ярче второго на $0^m,87$, а второй ярче третьего на $1^m,21$;
 - д) $m=3^m,91$, второй компонент ярче первого в 1,4 раза и ярче третьего на $1^m,63$;
 - е) $m=4^m,83$, третий компонент слабее второго в 3,4 раза, а первый ярче третьего на $2^m,71$.
 - ё) $m=4^m,71$, третий компонент слабее первого в 4,8 раза, а первый ярче второго на $1^m,82$.
 - ж) $m=5^m,54$, третий компонент слабее второго на $1^m,53$ и слабее первого на $3^m,94$.

Лабораторная работа № 19

Движение звёзд

Цель работы: ознакомление с методами изучения собственных движений и пространственных скоростей звезд.

Литература: [1], [4 – 7], [10], [13].

Пособия: астрономические календари, атласы звёздного неба, фотографии участков звёздного неба, выполненные с интервалом 50–100 лет, фотографии спектров звёзд, микрокалькулятор, ПЭВМ.

А.

1. На фотографиях участка звездного неба найти сместившуюся звезду. Используя указанный масштаб, определить величину смещения этой звезды в секундах дуги.
2. Вычислить собственное движение данной звезды и определить ее тангенциальную скорость.
3. По линии спектра сравнения определить масштаб спектрограмм.
4. Найти смещенные 2–3 линии в спектре звезды и для каждой из них вычислить изменение длины волны $\Delta\lambda$.
5. По найденным значениям $\Delta\lambda$ вычислить лучевые скорости и найти их среднее значение.
6. По направлению смещения спектральных линий определить направление лучевых скоростей.
7. Сделать вывод о величине лучевых скоростей, тангенциальных и пространственных скоростей.

Б.

1. На карточке положений звезд, составленной на начало двух лет в координатной сетке эпохи 1950, измерить значения разности экваториальных координат сместившейся звезды и вычислить величину и позиционный угол ее собственного движения, а также тангенциальную скорость.
2. Вычислить тангенциальную скорость и экваториальные координаты (в координатной сетке на эпоху 1950.0), двух звезд (см. таблицу):
 - а) Грумбридж 34А на 1960 г. и BD – 15° 4041 на 2200 г.;
 - б) Струве 2398В на 1990 г. и звезды Коптейна на 2250 г.;
 - в) 61 Лебеда А на 1970 г. и ϵ Индейца на 2300 г.;
 - г) Лакайль 8760 на 2000 г. и σ^2 Эридана С на 2350 г.;
 - д) Лаланд 21185 на 1980 г. и Кордоба 32416 на 2400 г.;
 - е) Струве 2398 А на 1980 г. и Лакайль 9352 на 2250 г.;
 - ё) Сириуса В на 1990 г. и σ^2 Эридана А на 2400 г.;
 - ж) BD – 15° 4042 на 1970 г. и Проциона В на 2200 г.
4. По данным наблюдений, исправленным за движение Земли вокруг Солнца, определить пространственную скорость двух звезд с учётом прецессии (изменения их экваториальных координат).
5. Вычислить расстояние, параллакс, собственное движение, видимую звездную величину, лучевую и тангенциальную скорость в эпоху наибольшего сближения с Солнцем звезды:
 - а) Сириуса; б) Веги; в) Капеллы; г) Арктура; д) Ригеля; е) Проциона; ё) Альтаира;
 - ж) Поллукса.
6. Из анализа результатов пунктов 3 и 4 сформулировать вывод о величине пространственной скорости звёзд.

Контрольные вопросы

1. Что называется собственным движением звезды?
2. От чего зависит величина собственного движения?
3. Какова скорость пространственного движения Солнца?

Вари- ант	Т год	α ч мин с	δ ° ' "	M_v	m_v	г, св. года	λ , Å	Δx , мм	D , Å/ мм
а	1850	07 11 38	-05 28 04	+2,64	+4,32	32,49	4861	+0,018	50
	1950	07 16 35	-05 38 14				3934		
	1810	20 42 08	+46 16 37					-0,015	40
	1960	20 47 28	+46 50 29						
б	1760	01 55 12	-10 31 22	+5,71	+5,21	34,28	5896	-0,02	20
	1960	02 05 15	-09 35 42				3970		
	1850	16 08 26	+38 15 33					+0,02	60
	1960	16 11 54	+37 59 37						
в	1840	04 18 39	-15 59 38	+1,37	+3,41	32,56	4481	+0,01	50
	1940	04 24 18	-15 45 53				3835		
	1810	18 57 05	+53 45 18					-0,028	40
	1960	19 00 08	+53 56 47						
г	1760	00 52 48	+26 27 25	+5,39	+4,62	54,77	4668	-0,015	30
	1960	01 03 46	+27 31 09				3750		
	1830	10 36 01	-07 00 48					+0,02	10
	1930	10 41 02	-07 31 54						
д	1760	05 35 17	-04 14 52	+3,57	+3,87	45,64	4405	+0,01	30
	1960	05 45 20	-04 07 46				4340		
	1900	19 06 54	+46 01 12					-0,02	20
	1950	19 08 13	+47 05 35						
е	1810	02 46 28	-13 44 33	+4,78	+5,19	13,37	5896	-0,025	40
	1960	02 53 32	-13 08 14				3889		
	1900	15 58 10	+50 30 54					+0,015	60
	1950	15 59 34	+50 22 19						
ё	1800	11 18 07	+43 29 35	+5,03	+5,18	35,53	4384	+0,015	70
	1950	11 26 25	+42 41 49				3798		
	1850	11 51 20	-09 16 12					-0,03	10
	1900	17 54 04	-09 16 36						

Лабораторная работа № 20

Строение Галактики

Цель работы: изучение галактической концентрации звезд, изучение структуры Галактики, ознакомление с некоторыми физическими характеристиками других звёздных систем – галактик.

Литература: [1], [4–7], [10], [13].

Пособия: астрономические календари, атласы звёздного неба, фотографии различных галактик, микрокалькулятор, фильм «Строение Вселенной».

А.

1. По звездному атласу определить, через какие созвездия проходит Млечный Путь. Зная экваториальные координаты северного галактического полюса ($\alpha=12^h 51^m$, $\delta=27^\circ,14'$ – эпоха 2000,0), указать, в каком созвездии он находится.
2. Сделав схематический рисунок Галактики, указать на нем, пользуясь условными обозначениями, к каким частям галактики относятся перечисленные ниже объекты: яркие гиганты, звезды типа Солнца, белые карлики, субкарлики, цефеиды, короткопериодические цефеиды, долгопериодические переменные, новые звезды, шаровые скопления, туманности, рассеянные скопления.
3. Пользуясь рисунками школьного учебника, определить тип галактик, изображенных на них.
4. По модулю расстояния и угловым размерам вычислить линейные размеры галактики NGC 4826 ($m-M=26^m,9$).
5. Определить величину «красного смещения» в спектре этой галактики.

Б.

1. С карт Малого звездного атласа А.А. Михайлова скопировать на кальку границы Млечного Пути в районах его пересечения с небесным экватором, дугу небесного экватора и дуги трех кругов склонения в этих же районах.
2. Оцифровать на кальке дуги склонения, провести на ней галактический экватор, измерить наклонение галактического экватора к небесному экватору. Определить экваториальные и галактические координаты узлов галактического экватора и написать названия созвездий, в которых лежат эти узлы.
3. Вычислить экваториальные и галактические координаты галактических полюсов и указать названия созвездий, в которых эти полюса расположены.
4. С одной из карт Малого звездного атласа А.А. Михайлова скопировать на кальку 6–8 ярких звезд двух указанных ниже созвездий и нанести на неё положение одного из галактических полюсов, одну параллель с галактической широтой $+45^\circ$ (или -45°), две параллели с галактической широтой $\pm 5^\circ$, галактический экватор и границы Млечного Пути; созвездия:
а) Лебедя и Водолея; б) Орла и Козерога; в) Стрельца и Микроскопа;
г) Персея и Овна; д) Скорпиона и Весов; е) Возничего и Кита;
ё) Близнецов и Эридана; ж) Большого Пса и Эридана.
5. На этой же кальке наметить три площадки размерами около $20^\circ \times 20^\circ$, расположенные одна вдоль галактического экватора, вторая – вдоль галактической параллели 45° и третья – вокруг одного из галактических полюсов.
6. Пользуясь Малым звездным атласом А.А. Михайлова, отождествить на картах Большого звездного атласа А.А. Михайлова или звездного атласа А. Бечваржа области и площадки, скопированные на кальку, и по картам этих больших атласов подсчитать в избранных площадках раздельно число звезд различной звездной величины, найти число звезд $N(m)$ (полагая последовательно m равным 4^m , 5^m , 6^m и 7^m) и определить звездную плотность для каждой площадки.
7. Вычислить галактическую концентрацию и отношение звездной плотности $N'(m,45^\circ)$ в районе 45° галактической параллели к звездной плотности $N'(m,90^\circ)$ в районе галактического полюса.
8. Изобразив значение звездной плотности $N'(m)$ векторами в определенном масштабе, построить векторную диаграмму по трем направлениям ($b=0^\circ$, $b=\pm 45^\circ$ и $b=\pm 90^\circ$).
9. Сформулировать вывод об общей структуре Галактики.

Контрольные вопросы

1. Какова структура нашей Галактики? На какие подсистемы она подразделяется?

2. Как определяется расстояние до других галактик?
3. Чем отличаются между собой галактики разных типов?
4. Что такое Метагалактика?
5. Чем объясняется красное смещение?

Лабораторная работа № 21

Проблема поиска внеземных цивилизаций

Цель работы: изучение некоторых астрономических и физических явлений, принимаемых как результат деятельности инопланетного разума.

Литература: [1], [5–12], [14].

Пособия: астрономические календари, микрокалькулятор, фильм «Происхождение жизни на Земле».

1. Почему и во сколько раз вблизи горизонта кажущиеся угловые размеры Солнца и Луны больше, чем в верхней кульминации?
2. В 1989 году резко возросло число сообщений о массовых «наблюдениях» неопознанных летающих объектов, в том числе о близких контактах с антропоморфными существами. Вычислите ближайшие эпохи подобных явлений.
3. Почему максимальное число аномальных атмосферных явлений в 1989–1991 годах наблюдалось в России вблизи пунктов с восточной долготой $\lambda \approx 40^\circ$?
4. Почему сообщения об «НЛО» в 1989 г. поступали из Бельгии в большем количестве, чем из соседних стран: Франции, ФРГ, Великобритании?
5. Какие техногенные процессы вызывают свечение верхней атмосферы Земли?
6. Быстро протекающее явление, которое в китайских текстах относится к 10 году н.э., действительно зарегистрировано в 12 году н. э. и представляет собой появление кометы Галлея. С чем связано изменение даты события в письменных источниках Древнего Китая?
7. В каждом полете Транспортного Космического Корабля (ТКК) «Спейс Шаттл» ракетные двигатели выбрасывают в окружающую среду около 300 т мелкодисперсных частиц окиси алюминия (Al_2O_3) при среднем диаметре основной массы частиц 4 мкм. Оцените диаметр монослоя, состоящего из этих частиц. Предполагая, что разрешающая способность глаза человека равна $2'$, найдите, с какого максимального расстояния можно наблюдать такой монослой невооруженным глазом?
8. В Ярославле и Вологде в северной части неба низко над горизонтом неоднократно наблюдались объекты типа «НЛО». Используя подходящую гипотезу их происхождения, оцените:
 - а) расстояние до этих объектов;
 - б) угловую высоту их появления над горизонтом;
 - в) максимальные угловые размеры;
 - г) направление движения;
 - д) сколько раз в году можно наблюдать подобные явления?
9. Каково расстояние от наблюдателя до «НЛО», если путник утром видит на небе мираж под углом 10° к горизонту, а показатель преломления из-за сильного охлаждения поверхности Земли за ночь убывает с высотой h по закону $n=n_0-a \cdot h$, где $n_0 = 1,0004$, $a=2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-1}$? Можно ли видеть такой объект из-за густого леса с высотой деревьев 20 м?