



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и космической физики**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.05 Астрофизика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Солнечно-земная физика

Квалификация выпускника: бакалавр


Форма обучения: очная

Согласовано с УМК физического факультета  
Протокол №38 от «18» апреля 2023 г.

Председатель  Буднев Н.М.

**Рекомендовано кафедрой:**  
**общей и космической физики**

**Протокол № 8**  
от « 15 » марта 2023 г.

**Зав.кафедрой** д.ф.-м.н., профессор  
 Паперный В.Л.

**Иркутск 2023 г.**

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля)</b> .....	3
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО</b> .....	3
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины</b> .....	4
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)</b> .....	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	6
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
4.3. Содержание учебного материала .....	8
4.4.1. Перечень лекционных занятий .....	12
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....	13
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	13
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	14
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	15
а) <i>перечень литературы</i> .....	15
б) <i>периодические издания</i> .....	16
в) <i>список авторских методических разработок</i> .....	16
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	16
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	17
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	17
6.2. Программное обеспечение: .....	17
6.3. Технические и электронные средства: .....	17
<b>VII. Образовательные технологии</b> .....	18
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации</b> .....	18
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС</b> .....	24

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой ФГОС по направлению 03.03.02 Физика и предназначена для обеспечения практикума по астрофизике на пятом семестре..

Основная *цель* курса – дать студентам целостное представление о картине Мегакосмоса в рамках существующих естественнонаучных представлений; способствовать развитию их интеллектуальных, творческих способностей и критического мышления в ходе проведения исследований, анализа явлений, восприятия и интерпретации информации.

Для достижения данной цели были поставлены *задачи*:

- изучить основные понятия астрофизики, закономерности мира звезд и современные теоретические представления о природе звезд и их систем;
- показать действие фундаментальных законов в условиях космоса;
- изучить физические методы исследований космических объектов;
- познакомиться с современными проблемами астрофизики, новейшими открытиями и достижениями в исследовании Вселенной за последние годы.

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Приоритетом современного образования является создание научно-образовательных центров (НОЦ), т. е. интеграция науки и образования. Такой подход обеспечивает будущему специалисту дополнительные знания и исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям после получения базового образования. Организация учебного процесса при изучении курса «Астрофизика» соотносится с целями образования на современном этапе, а изучение некоторых разделов ориентировано на тематику научных исследований базового института кафедры – Института солнечно-земной физики СО РАН, телескопа МАСТЕР-Тунка на астрофизическом полигоне университета и глубоководного нейтринного телескопа на Байкале. Методика преподавания направлена на *системный подход к обучению и интеграцию* дисциплин естественнонаучного цикла, т. к. при изучении курса используются разделы и темы следующих дисциплин:

- физика (молекулярная физика и термодинамика, электродинамика, волновая оптика, атомная и ядерная физика, статистическая и квантовая физика, физика плазмы, физика элементарных частиц, теория относительности);
- высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление, элементы фрактальной геометрии);
- концепции современного естествознания (синергетика, антропный принцип).

### III. Требования к результатам освоения дисциплины

Курс Астрофизики, согласно положениям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования при подготовке бакалавра по направлению 03.03.02 Физика, позволяет студенту приобрести следующие компетенции:

- Способен использовать специализированные знания в области физики и астрофизики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);
- Способен публично представлять результаты своей научной деятельности (ПК-3).

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1	ИДК ПК.1.1 Способен проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений, используя специализированные знания в области физики и астрофизики	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• общие сведения о звездах и межзвездной среде, их физические характеристики, структурность Вселенной;</li> <li>• основные теории, определяющие строение и эволюцию космических объектов;</li> <li>• физические законы, лежащие в основе современных методов исследований Мегамира.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться современным знанием физических закономерностей для объяснения вопросов строения, происхождения и эволюции Вселенной и ее структур;</li> <li>• давать аргументированную оценку новой информации в области астрофизики.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы с современным математическим обеспечением для обработки солнечных и других наблюдений</li> </ul>
ПК-3	ИДК ПК.3.1 Способен осуществлять теоретического обобщения научных данных, результатов экспериментов и наблюдений	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• давать аргументированную оценку новой информации в области астрофизики.</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основными приемами научно-исследовательской работы;</li> </ul>

#### **IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)**

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа, в том числе 40 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 6 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельна я работа	
					Лекции	Семинарские/ практические/ лабораторные занятия	Консуль тации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1 ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ	5	8		4			4	Самостоятельное решение задач по данной теме, опрос
2	Раздел 2 МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА	5	8		4			4	
3	Раздел 3 ТЕОРИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД	5	8	1	4			4	
4	Раздел 4 СОЛНЦЕ, КАК ЗВЕЗДА	5	8	1	4			4	
5	Раздел 5 АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД	5	8	1	4			4	
6	Раздел 6 ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД	5	10	1	6			4	
7	Раздел 7 КОМПАКТНЫЕ ЗВЕЗДЫ	5	8	1	4			4	
8	Раздел 8 ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ	5	8	1	4			4	
	КСР		6						Опрос
	<b><u>Итого часов</u></b>		72	6	34			32	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение СР
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
6	Все темы	- изучение теоретической части практических заданий; - самостоятельное решение задач по текущей теме	В начале семестра	30	Решение задач, дискуссия	Вся рекомендуемая литература
6	ВСЕ ТЕМЫ	Подготовка к зачёту	К концу семестра	3	Опрос	
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				32		

### 4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

*Содержание указано в дидактических единицах, которые утверждены решением кафедры. Общее число дидактических единиц – 8.*

#### ДЕ 1. ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ

##### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗВЕЗДАХ

- 1.1.1. Задачи и разделы астрофизики. Физические методы исследований
- 1.1.2. Понятие звездных величин. Данные наблюдений: размеры звезд, их масса и температура.
- 1.1.3. Основные закономерности в мире звезд. Спектральная классификация звезд, краткая характеристика спектральных классов

#### ДЕ 2. МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА

##### 2.1. СТРУКТУРНОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ

- 2.1.1. Наша Галактика и ее строение
- 2.1.2. Межзвездная среда: межзвездная пыль, межзвездный газ, космические лучи
- 2.1.3. Галактики: типы, расстояния, размеры, физические свойства
- 2.1.4. Квазары

##### 2.2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАГАЛАКТИКИ

- 2.2.1. Космологический принцип: однородность и изотропность Метагалактики
- 2.2.2. Классическая космология: нестационарность, критическая плотность, «возраст» Вселенной
- 2.2.3. Релятивистская космология. Модель «горячей» Вселенной.
- 2.2.4. Большой взрыв и этапы эволюции Вселенной

#### ДЕ 3. ТЕОРИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД

##### 3.1. УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ЗВЕЗДЫ

- 3.1.1. Основная задача теории
- 3.1.2. Уравнение гравитационного равновесия
- 3.1.3. Уравнение энергетического равновесия
- 3.1.4. Источники энергии излучения звезд

##### 3.2. ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ ВНУТРИ ЗВЕЗД

- 3.2.1. Характеристики поля излучения: интенсивность, поток, плотность



3.2.2. Уравнение переноса излучения для сферически-симметричной модели.

3.2.3. Лучистое равновесие внутри звезды (решение уравнения переноса). Звезда, как саморегулирующаяся система.

3.2.3. Конвективный перенос энергии; критерий Шварцшильда.

Уравнение конвективного переноса энергии.

### 3.3. МОДЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗДЫ

3.3.1. Система основных дифференциальных уравнений

3.3.2. Давление и средний молекулярный вес

3.3.3. Генерация энергии

3.3.4. Непрозрачность вещества

3.3.5. Граничные условия. Теорема Фогта - Рессела. Модели звезд разных масс.

Модель современного Солнца

## ДЕ 4. СОЛНЦЕ, КАК ЗВЕЗДА

### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОЛНЦЕ

4.1.1. Положение Солнца в Галактике. Параметры и физические характеристики: масса, светимость, температура

4.1.2. Уравнение переноса излучения. Уравнение лучистого равновесия.

4.1.3. Теория фотосфер при коэффициенте поглощения, не зависящем от частоты ( $\alpha_\nu = \alpha$ )

4.1.4. Приближенное решение уравнений. Метод Шварцшильда-Шустера. Распределение яркости по диску звезды

### 4.2. СТРОЕНИЕ СОЛНЦА И ПРОТЕКАЮЩИЕ В НЕМ ПРОЦЕССЫ

4.2.1. Особенность звездных недр

4.2.2. Энерговывделяющее ядро: термоядерные реакции протон-протонного и углеродного циклов; тройной альфа-процесс

4.2.3. Вероятности ядерных реакций

4.2.4. Область лучистого переноса энергии

### 4.3. КОНВЕКЦИЯ НА СОЛНЦЕ И ГРАНУЛЯЦИЯ

4.3.1. Причина конвекции на Солнце

4.3.2. Число Рэлея и тип конвекции; достаточное условие конвекции

4.3.3. Другие фотосферные движения; структура конвективной зоны

### 4.4. ГЕНЕРАЦИЯ НЕЛУЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ И НАГРЕВ СОЛНЕЧНОЙ АТМОСФЕРЫ

4.4.1. Распределение температуры вдоль радиуса и в атмосфере

4.4.2. Звуковые волны; энергия звуковой волны

4.4.3. Определяющее значение магнитного поля; модель нагрева

## ДЕ 5. АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД

### 5.1. ЛУЧИСТОЕ РАВНОВЕСИЕ ЗВЕЗДНЫХ ФОТОСФЕР

5.1.1. Задача теории фотосфер. Состояние лучистого равновесия.

5.1.2. Уравнение переноса излучения. Уравнение лучистого равновесия.

5.1.3. Теория фотосфер при коэффициенте поглощения, не зависящем от частоты  
( $\alpha_\nu = \alpha$ )

5.1.4. Приближенное решение уравнений. Метод Шварцшильда-Шустера. Распределение яркости по диску звезды.

### 5.2. ИЗЛУЧЕНИЕ И ПОГЛОЩЕНИЕ В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ

5.2.1. Локальное термодинамическое равновесие

5.2.2. Механизмы поглощения и излучения в непрерывном спектре

5.2.3. Поглощение атомами водорода. Поглощение в звездах различных спектральных классов

5.2.4. Модели звездных фотосфер и наблюдаемые следствия теории

### 5.3. ЛИНИИ ПОГЛОЩЕНИЯ В СПЕКТРАХ ЗВЕЗД

5.3.1. Механизмы образования спектральных линий

5.3.2. Коэффициенты Эйнштейна. (Квантовая теория излучения).

5.3.3. Естественная ширина спектральных линий. Физические механизмы уширения.

5.3.4. Химический состав звездных атмосфер

## ДЕ 6. ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД

### 6.1. ОБРАЗОВАНИЕ ЗВЕЗД

6.1.1. Два поколения звезд. Теоретические основы звездообразования: гравитационная неустойчивость Джинса и неустойчивость Рэлея-Тейлора.

6.1.2. Проблема магнитного поля Галактики. Понятие о протозвездной стадии эволюции

### 6.2. ПРОТОЗВЕЗДНАЯ СТАДИЯ ЭВОЛЮЦИИ

6.2.1. Газово-пылевые комплексы. Эмпирические подтверждения процесса звездообразования: АО-ассоциации, космические мазеры

6.2.2. Стадия свободного падения. Объекты Хербиго-Аро.

6.2.3. Эволюция звезд на стадии Хаяши. Звезды типа Т-Тельца.

### 6.3. ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД НА ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

6.3.1. Стадия главной последовательности. Красные гиганты

6.3.2. Эволюция химических элементов. Сверхновые

6.3.3. Эволюция Солнца

## ДЕ 7. КОМПАКТНЫЕ ЗВЕЗДЫ

### 7.1. БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

7.1.1. Понятие; история открытия

7.1.2. Природа белых карликов. Понятие и условие вырождения.

Релятивистское вырождение

7.1.3. Давление, условие равновесия и излучение

### 7.2. ПУЛЬСАРЫ И НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ

7.2.1. Определение, открытие и отождествление пульсаров

7.2.2. Периодичность и механизм импульсного излучения

7.2.3. Состояние вещества нейтронной звезды. Механизм равновесия и уравнение состояния

### 7.3. ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

7.3.1. Понятие гравитационного радиуса

7.3.2. Свойства черных дыр и возможность их обнаружения

7.3.3. Методы определения масс. Результаты наблюдений

## ДЕ 8. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ

### 8.1. МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В КОСМОСЕ

8.1.1. Магнитное поле Земли

8.1.2. Общее магнитное поле Солнца. Измерения магнитных полей.

8.1.3. Магнитное поле Галактики

8.1.4. Магнитное поле Вселенной

### 8.2. ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ В ЯДРАХ ГАЛАКТИК

8.2.1. Свойства ядер галактик

8.2.2. Определение масс ядер галактик. Определение массы ядра нашей Галактики. Новейшие наблюдения.

### 8.3. НЕЙТРИННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ СОЛНЦА

8.3.1. Нейтрино, идущие от Солнца. Регистрация нейтрино: хлор – аргонный эксперимент, галлиевый эксперимент, водный детектор.

8.3.2. Нейтринные осцилляции и масса нейтрино

### 8.4. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АСТРОФИЗИКИ

8.4.1. Темная материя и темная энергия

8.4.2. Проблема сингулярности

## 8.4.3. Гравитационные линзы

## 8.4.4. Голубые карлики

**4.4.1. Перечень лекционных занятий**

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1. ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ	Электронный атлас спектра Солнца – звезды класса G	6	зачет	ПК3, ПК1
2.	2. МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА	Выброс квазара 3C273; оценка скорости и светимости квазара	4	Выполнение домашнего задания	
3.	4. СОЛНЦЕ, КАК ЗВЕЗДА	1. Анализ спектра и химического состава Солнца	2	Выполнение домашнего задания	
		2. Изучения профилей линий H $\alpha$ водорода и K Ca в спектре Солнца	6		
		3. Расчет кинетической температуры солнечной атмосферы по эффекту Доплера	2		
		4. Изучение рентгеновских вспышек	4		
4.	5. АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД	Определение содержания железа в атмосфере звезды	2	Выполнение домашнего задания	
5.	6. ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД	Вычисление эквивалентной ширины спектральной линии	2		
6.	8. ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ	Определение напряженности магнитного поля по эффекту Зеемана	6	Выполнение домашнего задания	

Семинарские и практические занятия не предусмотрены учебным планам (могут быть вынесены в Специальный практикум по астрофизике)

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	ОСНОВЫ АСТРОФИЗИКИ	Решение задач по данной теме	§§ 1-2 Приложения, все задачи	<i>Сотникова Р. Т.</i> Введение в астрофизику	4
2.	МИР ГАЛАКТИК И ЕГО СВОЙСТВА	Разработать и составить кроссворд	Подготовить 25 вопросов с программируемыми вариантами ответов	<i>Сотникова Р. Т.</i> Введение в астрофизику	4
3.	ТЕОРИЯ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗВЕЗД	Решить уравнение переноса излучения	Получить дифф. ур-ие для потока и давления излучения	<i>Сотникова Р. Т.</i> Введение в астрофизику	6
4.	СОЛНЦЕ, КАК ЗВЕЗДА. АТМОСФЕРЫ ЗВЕЗД	Выполнение работы научно-исследовательской направленности	. Обработать наблюдения Солнца и звезд в режиме On-line и IT-технологий	<i>Сотникова Р. Т.</i> Введение в гелиофизику; Введение в физику Солнца. Ч.1, Приложение	4
5.	ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД	Подготовка к дискуссии	Углубленно изучить тему	<i>Сотникова Р. Т.</i> Введение в астрофизику	8
6.	ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ АСТРОФИЗИКИ	Подготовка научного доклада	Сделать презентацию	Вся литература из программы курса	2
7.	Текущие консультации				2
8.	ВСЕ ТЕМЫ	Подготовка к зачету	Повторить все разделы курса	Основная литература: 1 - 3	2

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Теоретические знания, полученные студентами на практических занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практического задания, а также при самотестировании.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего отчета, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала каждой практической работы, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельной работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется на контрольной работе. Также может быть проведено тестирование по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) перечень литературы

#### *основная литература*

- 1) Засов, А.В. Общая астрофизика [Текст] : учеб. пособие / А. В. Засов, К. А. Постнов ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Физ. фак., Гос. астроном. ин-т им. П. К. Штернберга. - 3-е изд., испр. и доп. - Фрязино : Век 2, 2016. - 573 с. ; 22 см. - Библиогр.: с. 565-566. - ISBN 978-5-85099-194-4. - (9 экз)
- 2) Сотникова, Р.Т. Введение в астрофизику [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Т. Сотникова. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2007. - 248 с. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN: 978-5-9624-0246-8
- 3) Сотникова, Р.Т.. Введение в гелиофизику: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. ВПО 011200 - Физика/ Р. Т. Сотникова, В. Г. Файнштейн ; рец.: В. Н. Обридко, А. Г. Тлатов; Иркутский гос. ун-т, СО РАН, Ин-т солн.-земной физики. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. - 256 с.: а-ил.. - (Солнечно-земная физика). - (5 экз)

#### *дополнительная литература*

- 1) Гусейханов, М. К. Основы астрофизики [Электронный ресурс] / М. К. Гусейханов. - Москва : Лань", 2016. - Режим доступа: ЭБС "Издательство Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-2176-3
- 2) Сотникова, Р.Т. Введение в физику Солнца: учеб. пособие: в 2 ч./ Р. Т. Сотникова [и др.] ; рец.: А. Г. Тлатов, С. А. Язев ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Иркутский науч. центр, Ин-т солнечно-земной физики. - Иркутск: Изд-во ИГУ. - 2010. - ISBN 978-5-9624-0621-3. - Ч. 2. - 2012. - 195 с.
- 3) Аннушкин, Ю.В. Введение в астрономию. Физика солнечной системы [Текст] : учеб. пособие / Ю. В. Аннушкин, С. А. Язев ; рец.: П. Г. Коваadlo, Р. Т. Сотникова ; Иркут. гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 103 с. ; 21 см. - (Солнечно-земная физика). - Библиогр.: с. 103. - ISBN 978-5-9624-0886-6. - (18 экз.).
- 4) Сотникова, Раиса Тимофеевна Введение в физику солнца [Текст] : учеб. пособие : в 2 ч. / Р. Т. Сотникова, Л. К. Кашапова ; Иркутский гос. ун-т, Физ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010 - . - 20 см.  
Ч. 1. - 2010. - 135 с. : ил. - Библиогр.: с. 121-123. - (11 экз.).

*сверено с ЖБ ИГУ*

## б) периодические издания

- нет.

## в) список авторских методических разработок

1. Сотникова, Р.Т. Введение в астрофизику [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Т. Сотникова. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2007. – 248 с. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN: 978-5-9624-0246-8
2. Сотникова, Р.Т.. Введение в гелиофизику: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. ВПО 011200 - Физика/ Р. Т. Сотникова, В. Г. Файнштейн ; рец.: В. Н. Обридко, А. Г. Тлатов; Иркутский гос. ун-т, СО РАН, Ин-т солн.-земной физики. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 256 с.: а-ил.. – (Солнечно-земная физика).
3. Сотникова, Р.Т. Введение в физику Солнца: учеб. пособие: в 2 ч./ Р. Т. Сотникова [и др.] ; рец.: А. Г. Тлатов, С. А. Язев ; Иркутский гос. ун-т, Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Иркутский науч. центр, Ин-т солнечно-земной физики. – Иркутск: Изд-во ИГУ. – 2010. – ISBN 978-5-9624-0621-3. – Ч. 2. – 2012. – 195 с.
4. Сотникова, Р.Т. Астрофизика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Т. Сотникова ; Иркутский гос. ун-т, Науч. б-ка. - Электрон. текстовые дан. - Иркутск : ИГУ, 2005. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM) ; 12 см. - (Труды ученых ИГУ). - Систем. требования: процессор Pentium I и выше ; ОЗУ 64 Мб ; операц. система Windows 95/98/2000/XP ; CD-ROM привод ; программа Adobe Acrobat Reader 3.0 и выше ; мышь. - Загл. с контейнера. - (в кор.)
5. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

## г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Астрофизическая информационная система [НАСА \(ADS — Astrophysics Data System\)](http://adswww.harvard.edu/)  
<http://adswww.harvard.edu/>

Указатель ресурсов Интернет по астрофизике [http://www.benran.ru/E\\_n/astrint.html](http://www.benran.ru/E_n/astrint.html)

Образовательный сайт по астрофизике <http://www.astronet.ru/>

Сайт орбитального телескопа им. Хаббла <http://hubblesite.org/>

W. M. Keck Observatory <http://www.keckobservatory.org/>

Национальная астрономическая обсерватория Японии <http://www.naoj.org/>

Европейская объединенная обсерватория (ESO) <http://www.eso.org/public/>

Федеральное космическое агентство РОСКОСМОС <http://www.roscosmos.ru/>

Американское аэрокосмическое агентство NASA <http://www.nasa.gov/>

Европейское аэрокосмическое агентство <http://www.esa.int/esaCP/>

- В системе образовательного портала игу (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.В.ДВ.06.01 "АСТРОФИЗИКА".
- ЭЧЗ «БИБЛИОТЕХ» [HTTPS://ISU.BIBLIOTECH.RU/](https://isu.bibliotech.ru/)
- ЭБС «ЛАНЬ» [HTTP://E.LANBOOK.COM/](http://e.lanbook.com/)
- ЭБС «РУКОНТ» [HTTP://RUCONT.RU](http://rucont.ru/)



- ЭБС «АЙБУКС» [HTTP://LBOOKS.RU](http://lbooks.ru)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Курс имеет компьютерное обеспечение для одновременной индивидуальной работы всех студентов, что способствует активному формированию компетенций, обозначенных в разделе 3 данной программы (4 ноутбука Lenovo B590 с предустановленной системой Windows 8, 5 стационарных компьютеров Intel Celeron CPU 1.82Ghz с Windows XP Pro SP2).

На лекционных занятиях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Каждый обучающийся обеспечен доступом к электронно-библиотечной системе, содержащей издания по основным изучаемым дисциплинам и сформированной по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы. При этом обеспечена возможность осуществления одновременного индивидуального доступа к такой системе не менее чем для 25 обучающихся.

В качестве материалов имеются справочные спектральные таблицы, а также более 30 видеофайлов, наглядно показывающих экспериментальные данные в различных диапазонах.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде. Авторская программа «Атлас» (от 13.08.2007, бессрочно). Электронная мультимедийная астрофизическая база данных ESO 3D Universe v.1 (2003, бессрочно).

### **6.3. Технические и электронные средства:**

На аудиторных занятиях используются мультимедийные средства: переносной проектор (CASIO XJ-A241), стационарный настенный экран (Classic Solution, 244x244), ноутбук Lenovo B590.

## **VII. Образовательные технологии**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий. Интерактивные формы работы на учебных занятиях предусматривают активную позицию студентов при изучении материала, например, самостоятельно подготовить дополнение к теме и вынести его на обсуждение, провести дискуссию, включить элементы собственных научных исследований и сделать краткую презентацию своих выступлений на научных конференциях. Все это формирует способности применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в области исследований космоса

При выполнении домашних заданий студенты используют данные наблюдений обсерваторий ИСЗФ. По материалам наблюдений они приобретают исследовательские навыки, необходимые для работы по междисциплинарным направлениям, после получения базового образования и формируют компетенцию готовности выявить естественнонаучную сущность проблем, компетенцию готовности использовать методы теоретической и экспериментальной физики в профессиональной деятельности по изучению космического пространства и компетенцию способности самостоятельно работать на астрофизических приборах

Программа предполагает использование современных образовательных технологий: информационных (презентации в Power Point), проектных (мультимедиа, видео), дистанционные, научно-исследовательской направленности и т. п.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

### 8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

Оценочными средствами для входного контроля знаний являются дискуссии и диспуты по текущим современным проблемам астрофизики.

### 8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Содержание учебного материала разделено на дидактические единицы (ДЕ) – предметные темы, подлежащие обязательному изучению и усвоению в процессе обучения. Так же учитывается промежуточная аттестация по итогам самостоятельной работы, предусмотренной программой курса.

### Примерный тест по астрофизике:

#### **1. Почему светят звёзды?**

- а) за счёт флюоресценции*
- б) за счёт фосфоресценции*
- в) за счёт ядерной реакции*

- г) за счёт термоядерной реакции
- 2. Что находится в центре нашей Галактики?**
- Солнце
  - Полярная звезда
  - чёрная дыра
  - тёмная материя
- 3. Где находится Очень Большой Телескоп (VLT) Европейской Южной обсерватории?**
- в Европе
  - в Австралии
  - в Чили
  - на орбите
- 4. Сколько километров в световом году?**
- триста тысяч
  - сто пятьдесят миллионов
  - десять в тринадцатой
  - вопрос поставлен некорректно
- 5. Что такое Большая Медведица?**
- самка белого медведя
  - созвездие северного полушария
  - поэтическое название полярного сияния
  - неграмотное название Ковша
- 6. На что похожа ячеисто-сотовая структура Вселенной?**
- на пчелиные соты, только трёхмерные
  - на губку для мытья посуды
  - на кристаллические структуры
  - на сыр с большим количеством дырок
- 7. Сколько астероидов в Солнечной системе?**
- ни одного
  - один
  - четыре
  - тьма тьмущая
- 8. Кто такой Хаббл?**
- знаменитый астроном двадцатого века
  - персонаж русских народных сказок, разновидность гоблина
  - менеджер проекта одноимённого телескопа
  - чемпион мира по боксу в средней весовой категории, в честь которого назван телескоп
- 9. Где находится пояс Койпера?**
- в земной магнитосфере
  - между орбитами Сатурна и Урана
  - за орбитой Нептуна
  - в созвездии Ориона
- 10. Как определяют расстояния до квазаров?**
- на глаз
  - методом радиолокации
  - методом параллакса
  - по смещению линий в спектре
- 11. Что такое двойная звезда?**
- на самом деле это две звезды, обращающиеся около общего гравитационного центра
  - звезда, светящаяся с удвоенной яркостью

- в) эффект раздвоения изображения в телескопе с некачественно отшлифованным объективом
- г) две слившихся звезды

**12. Во время элонгации Венера видна как объект минус четвёртой звёздной величины. Но Венера - это планета, а не звезда. Почему тогда освещённость, создаваемую ею, измеряют в звёздных величинах?**

- а) это недоразумение
- б) это исторический курьёз, сохранившийся как дань традиции
- в) звёздная величина - это универсальная мера освещённости для всех космических объектов независимо от их природы
- г) данный парадокс лишён смысла, так как в его формулировке допущена фактическая ошибка

**13. Местонахождение звёзд главной последовательности:**

- а) на диагонали диаграммы Герцшпрунга-Рессела
- б) в плоскости эклиптики
- в) на периферии Галактики
- г) внутри шаровых скоплений

**14. Что такое чёрная дыра?**

- а) погасший белый карлик
- б) тело, сжавшееся до размера меньше гравитационного радиуса
- в) пустая область пространства между скоплениями галактик
- г) то же самое, что белая дыра, но состоящая из антиматерии

**15. В чём сущность эффекта гравитационного линзирования?**

- а) фокусировка гравитационных волн в гравитационных детекторах
- б) прохождение света сквозь линзовидную галактику
- в) искривление пути света, проходящего вблизи массивных объектов
- г) поглощение гравитационных волн чёрными дырами

**16. Какого цвета Солнце?**

- а) белого
- б) жёлтого
- в) красного
- г) зелёного

**17. Из чего большей частью состоит Вселенная?**

- а) из светлой материи
- б) из тёмной материи
- в) из светлой энергии
- г) из тёмной энергии

**18. Что излучает чёрная дыра?**

- а) ничего
- б) гравитационные волны
- в) рентгеновское излучение
- г) излучение абсолютно чёрного тела

**19. Каков характерный размер пульсаров?**

- а) десять километров
- б) сто миллионов километров
- в) десять парсек
- г) триста мегапарсек

**20. Какая звезда ближайшая к Солнцу?**

- а) Толиман (альфа Центавра)
- б) Проксима Центавра
- в) Вольф 359
- г) Сириус В

**21. Как рождаются звёзды?**

- а) конденсируются из межзвёздных облаков
- б) размножаются простым делением пополам
- в) развиваются из планет-зародышей
- г) в настоящее время звёзды не рождаются, все они сформировались на ранних стадиях Вселенной

**22. Есть ли в межзвёздном газе органические соединения?**

- а) да
- б) нет
- в) это зависит от времени суток
- г) вопрос поставлен некорректно

**23. Что из себя представляет Малое Магелланово Облако?**

- а) остаток сверхновой
- б) звёздную ассоциацию
- в) облако ионизированного газа
- г) неправильную галактику

**24. Как называются объекты, промежуточные между звёздами и планетами?**

- а) планетозвёзды
- б) планетоиды
- в) красные карлики
- г) коричневые карлики

**25. Чем являются пятна на Солнце?**

- а) ударными и вулканическими кратерами
- б) атмосферными вихрями
- в) месторождениями нефти
- г) областями пониженной температуры

**26. Самое распространённое химическое вещество во Вселенной - это...**

- а) вода
- б) спирт
- в) гелий
- г) водород

Примерные варианты домашних задач:

- 1) Мы видим звёзды до  $6^m$ . Сколько звёзд  $6^m$  могут заменить по яркости одну Венеру?
- 2) Оцените абсолютную звёздную величину Солнца ( $M_C$ ), зная только, что видимая звёздная величина Солнца  $m_C = -26,8$ .
- 3) Пять средних звёзд ковша Большой Медведицы принадлежат к одному рассеянному скоплению. Оцените расстояние до этого скопления (в световых годах). Для получения некоторых исходных данных надо вспомнить ночное небо и Большую Медведицу, средние звёзды которой имеют **белый** цвет и видимую звёздную величину  $2^m$ . (Для решения можно использовать диаграмму Герцшпрунга-Рессела).
- 4) С какой скоростью нужно приближаться к светофору, чтобы красный свет показался зелёным?

## 8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

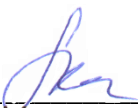
№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Самостоятельное решение практической задачи	Основы астрофизики	ПК-1
2.	Самостоятельное решение практической задачи	Мир галактик и его свойства	ПК-1
3.	Самостоятельное решение практической задачи	Теория внутреннего строения звезд	ПК-1
4.	Самостоятельное решение практической задачи	Солнце, как звезда. Атмосферы звезд	ПК-1, ПК-3
5.	Самостоятельное решение практической задачи	Эволюция звезд	ПК-1, ПК-3
	Доклад	Избранные вопросы астрофизики	ПК-1
6.	Тестирование	Все разделы	ПК-1
7.	Подготовка к зачету	Все разделы	ПК-1

Примерный список вопросов к зачёту

- Видимая и абсолютная звездная величина. Наблюдаемые параметры звезд и закономерности.
- Межзвездная среда и ее составляющие.
- Мир галактик и его свойства.
- Классическая и релятивистская космология; сценарий Большого взрыва.
- Основная задача внутреннего строения звезд.
- Уравнение переноса излучения для сферически-симметричной модели.
- Уравнение конвективного переноса энергии.
- Принцип построения модели внутреннего строения звезд.
- Заключительные стадии эволюции звезд. Эволюция химических элементов.
- Задача теории фотосфер. Метод Шварцшильда-Шустера. Распределение яркости по диску звезды.
- Локальное термодинамическое равновесие. Поглощение в звездах различных спектральных классов.
- Механизмы образования спектральных линий. Химический состав звездных атмосфер.
- Магнитные поля в космосе.
- Определение масс ядер галактик.
- Нейтринное излучение Солнца.
- Современные проблемы астрофизики.


**Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п. III:**

- 1) Какой параметр определяет видимый цвет звезды
  - а) Скорость вращения звезды
  - б) плотность звезды
  - в) температура поверхности
  - г) масса звезды
- 2) Какая величина является индикатором светимости звезды
  - а) видимая звездная величина
  - б) угловая скорость движения
  - в) абсолютная звездная величина
  - г) видимый цвет
- 3) Какие химические практически отсутствуют в химическом составе старых звезд (население II типа). Ответ может быть не один
  - а) водород
  - б) железо
  - в) кислород
  - г) гелий
- 4) К какой группе на диаграмме Герцшпрунга Рассела относится Солнце
  - а) Красные гиганты
  - б) белые карлики
  - в) главная последовательность
  - г) черные дыры
- 5) На каком эффекте основано измерение магнитного поля в фотосферах звезд
  - а) эффекта Штарка
  - б) эффекта Доплера
  - в) эффекта Зеймана
  - г) эффекта Черенкова-Вавилова
- 6) В галактике какого типа располагается Солнце
  - а) Эллиптическая
  - б) Спиральная
  - в) Колцевая
  - г) неправильная
- 7) Расположите звезды разного типа по убыванию массы
  - а) черная дыра
  - б) белый карлик
  - в) Солнце
  - г) Красный гигант
- 8) Что является основной причиной изменения яркости пульсирующих переменных
  - а) увеличение объема
  - б) наличие звездного ветра
  - в) увеличение скорости вращения
  - г) наличие спутника

**Разработчики:**доцент, к.ф.-м.н.Р.Т., Сотникова*(инициалы, фамилия)*  
\_\_\_\_\_  
*(подпись)*доцент, к.ф.-м.н.Л.К., Кашапова*(занимаемая должность)**(инициалы, фамилия)*

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ  
« 15 » марта 2023\_\_г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**