

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт солнечно-земной физики
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЗФ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИСЗФ СО РАН
чл.-корр. РАН А.В. Медведев
«29 марта» 2022 г.



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ОД.1 Общая астрофизика

Направление подготовки **03.04.02 «Физика»**

Направленность (профиль): **Физика солнечно-земных связей**

Квалификация выпускника: **МАГИСТР**

Тип профессиональной деятельности: **научно-исследовательский, педагогический**

Форма обучения: **очная**

Иркутск 2022

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки России от 7.08.2020 № 914

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	И.С. Потрапов
---	---------------

1. Место и роль дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Общая астрофизика» входит в вариативную часть Блока 1 «Дисциплины (модули) основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки «Физика солнечно-земных связей» направления подготовки 03.04.02 «Физика».

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опираются: «История и методология физики», «Введение в физику плазмы»

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: «Плазменная астрофизика», «Физика солнечно-земных связей»

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Общая астрофизика» является знакомство с методами и результатами исследований строения, взаимодействия и эволюции небесных тел, их систем и Вселенной как целого. Демонстрация применения законов физики для объяснения свойств и процессов, протекающих в астрофизических объектах. Знакомство с нерешенными проблемами и перспективами исследований.

Задачами дисциплины «Общая астрофизика» является:

- Получение студентами базовых знаний по предмету.
- Развитие навыков применения фундаментальных законов физики и простых численных оценок для изучения связи характеристик небесных тел с их излучением.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Общая астрофизика» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлению подготовки «Физика»:

Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	ИД 3. Использует современные теоретические и экспериментальные методы, включая методы обработки и анализа данных, при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей	Знать: Основные методы и результаты исследований физики небесных тел. Уметь: Применять полученные знания при решении практических научно-исследовательских задач, а также при освоении смежных разделов физики и астрономии. Владеть: Навыками применения фундаментальных законов физики для связи физических характеристик небесных тел и параметров их излучения.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	
В том числе:	
Лекции	36

Лабораторные работы	
Практические занятия	18
Самостоятельная работа (всего)	18
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36
Контактная работа (всего)	54
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	108

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Излучение и поглощение электромагнитных волн небесными телами

Тема 1.1. Основные понятия. Поток и интенсивность излучения. Тепловое излучение. Формула Планка и ее предельные случаи. Приближение локального термодинамического равновесия.

Тема 1.2. Понятия рассеяния, поглощения и ослабления излучения. Коэффициенты поглощения и излучения, оптическая толщина. Уравнение переноса излучения и его приближенные решения. Образование линий поглощения в приближении ЛТР. **Семинар 1** Примеры астрофизических спектров. Их количественные характеристики и интерпретация.

Раздел 2. Физика звезд

Тема 2.1 Спектральная классификация звезд. Особенности спектров звезд различных спектральных классов. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела. Физические основания спектральной классификации.

Тема 2.2 Стационарные звезды. Уравнение гидростатического равновесия звезды. Динамическая шкала времени. Температуры в недрах нормальных звезд. Роль давления излучения. Верхний предел масс звезд. Эддингтоновский предел светимости. Соотношения «масса-светимость» и «масса-радиус» для звезд Г П.

Тема 2.3 Ядерные реакции в звездах. Ядерное время звезды. Элементарные сведения об атомных ядрах и термоядерных реакциях. Роль туннельного эффекта. Протон-протонные цепочки. Солнечные нейтрино. CNO цикл. Гелиевые реакции. Основные сведения о поздних стадиях ядерной эволюции.

Раздел 3. Эволюция звезд

Тема 3.1 Очерк звездной эволюции I. Фрагментация молекулярных облаков. Гравитационный коллапс. Начальная функция масс. Треки Хаяши и Хеньи. Молодые звезды типа T Тельца и Ae/Be Хербига. Околзвездные диски и аккреция. **Семинар 2.** Планетные системы вокруг других звезд. Методы обнаружения, наблюдательная статистика. Формирование планет в протопланетных дисках вокруг молодых звезд.

Тема 3.2 Очерк звездной эволюции II. Звезды на Главной Последовательности. Эволюция звезд с массой $<10M_{\text{Solar}}$ после ухода с ГП. Горение гелия. Образование вырожденных ядер. Слоевые источники. Красные гиганты и асимптотическая ветвь гигантов. Сброс планетарной туманности. Белые карлики. **Практическое занятие 1.** Построение наблюдательной диаграммы Герцшпрунга-Рессела. Сравнение с результатами расчетов эволюционных моделей. **Семинар 3** Вырожденный газ и его свойства. Давление вырожденного электронного газа. Предел Чандрасекара для белых карликов. Минимальная масса звезд ГП. Предел Кумара.

Тема 3.3 Очерк звездной эволюции III. Эволюция массивных звезд. Звезды Вольфа-Райе. Поздние этапы ядерной эволюции. Коллапс железного ядра. Нейтронизация вещества. Нейтронные звезды.

Раздел 4. Двойные звезды

Тема 4.1 Эволюция звезд в двойных системах. Полость Роша. Обмен массой в тесных двойных системах. Парадокс Алголя. Наблюдательные проявления эволюции в тесных

двойных системах. **Семинар 4** Функция масс в двойной системе. Определение масс компонент в спектрально-двойных системах.

Раздел 5. Нестационарные звезды

Тема 5.1 Типы звездной переменности. Физические переменные звезды и полоса нестабильности на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Пульсации цефеид. Роль цефеид в построении шкалы расстояний во Вселенной. **Семинар 5** Пульсирующие звезды. Звезды типа RR Lyr и цефеиды сферической составляющей. Долгопериодические переменные звезды.

Тема 5.2 Вспышки сверхновых звезд. Их наблюдательная классификация. Сверхновые II типа и сверхновые I типа, их роль в качестве «стандартных свечей» шкалы расстояний. Остатки вспышек сверхновых и их взаимодействие с межзвездной средой. **Семинар 6** Новые и новоподобные звезды, эруптивные переменные.

Раздел 6. Межзвездная среда

Тема 6.1 Основные компоненты межзвездной среды и их распределение в Галактике. Наблюдательные проявления диффузной среды: межзвездная экстинкция, атомные и молекулярные межзвездные линии, диффузные межзвездные полосы.

Тема 6.2 Механизм свечения газовых туманностей. Теорема Росселанда. Определение температур подсвечивающих звезд. Степень ионизации в туманностях. Зоны Стремгrena. **Семинар 7** Дополнительные вопросы физики газовых туманностей. Запрещенные линии в астрономических спектрах.

Тема 6.3 Межзвездная пыль. Основные сведения об оптике межзвездных пылинок. Кривая межзвездной экстинкции. Поляризация света звезд. Кривая Серковского.

Раздел 7. Галактики

Тема 7.1 Наблюдательные характеристики галактик. Хаббловская классификация. Типы спиральных ветвей, физическая природа спиральной структуры. Кривые вращения галактических дисков. Проблема темных гало.

Тема 7.2 Пыль и газ в дисках галактик. Звездообразование в галактиках. Типы звездного населения. Типы активных ядер галактик и их структура. Физические механизмы активности ядер галактик.

Тема 7.3 Скопления галактик. Особенности эволюции галактик в скоплениях. Вириальный парадокс, темная материя. Крупномасштабная структура Вселенной.

Раздел 8. Элементы космологии

Тема 8.1 Наблюдательные проявления расширения Вселенной. Закон Хаббла. Физическая интерпретация красного смещения. Космологические модели Фридмана. Современная космологическая модель. **Семинар 8** Модель горячей Вселенной. Реликтовое излучение. Первичный нуклеосинтез. Химическая эволюция Галактики.

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
					Практические работы	Семинары	
1	Излучение и поглощение электромагнитных волн небесными телами	8	1.1, 2 часа 1.2, 2 часа	нет	нет	№ 1, 2 часа	2 ч. работа с лекционным материалом

2	Физика звезд	9	№2.1, 2 часа №2.2, 2 часа №2.3, 2 часа	нет	нет	нет	3 ч. работа с лекционным материалом
3	Эволюция звезд	15	№3.1, 2 часа. №3.2, 2 часа №3.3, 2 часа	нет	№ 1, 2 часа	№2, 2 часа №3, 2 часа.	3 ч. работа с лекционным материалом
4	Двойные звезды	5	№4.1, 2 часа	нет	нет	№4, 2 часа	1 ч. работа с лекционным материалом
5	Нестационарные звезды	10	№5.1, 2 часа №5.2, 2 часа	нет	нет	№5, 2 часа №6, 2 часа	2 ч. работа с лекционным материалом 2 ч. подготовка сообщения на семинаре
6	Межзвездная среда	11	№6.1, 2 часа. №6.2, 2 часа №6.3, 2 часа.	нет	нет	№7, 2 часа.	2 ч. работа с лекционным материалом
7	Галактики	9	№7.1, 2 часа №7.2, 2 часа №7.3, 2 часа	нет	нет	нет	2 ч. работа с лекционным материалом
8	Элементы космологии	5	№8.1, 2 часа			№8, 2 часа	1 ч. работа с лекционным материалом
Итого (часы)		72	36	0	2	16	18

5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1	Плазменная астрофизика	1-8
2	Производственная практика (Научно-исследовательская работа)	1-8

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1	1.1-1.2	Интерактивная лекция	4	Собеседование
2	2.1-2.3	Интерактивная лекция	6	Собеседование
3	3.1-3.3	Интерактивная лекция	6	Собеседование

4	4.1	Интерактивная лекция	2	Собеседование
5	5.1-5.2	Интерактивная лекция	4	Собеседование
6	6.1.-6.3	Интерактивная лекция	6	Собеседование
7	7.1-7.3	Интерактивная лекция	6	Собеседование
8	8.1	Интерактивная лекция	2	Собеседование

5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1	1.2	Семинар 1 Примеры астрофизических спектров. Их количественные характеристики и интерпретация.	2	Дискуссия
2	3.1	Семинар 2. Планетные системы вокруг других звезд.	2	Дискуссия
3	3.2	Практическое занятие 1. Построение наблюдательной диаграммы Герцшпрунга-Рессела. Семинар 3. Вырожденный газ и его свойства.	4	Дискуссия
4	4.1	Семинар 4 Функция масс в двойной системе. Определение масс компонент в спектрально-двойных системах.	2	Дискуссия
5	5.1	Семинар 5 Пульсирующие звезды.	2	Дискуссия, доклад
6	5.2	Семинар 6 Эруптивные переменные.	2	Дискуссия
7	6.2	Семинар 7 Дополнительные вопросы физики газовых туманностей.	2	Дискуссия
8	8.1	Семинар 8 Модель горячей Вселенной.	2	Дискуссия

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	1.1-1.2	Работа с лекционным материалом	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1-2 из списка основной литературы.	2
2	2.1-2.3	Работа с лекционным материалом	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1,2,3 из списка основной литературы.	3
3	3.1-3.3	Работа с лекционным материалом	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1,3 из списка основной литературы.	3
4	4.1	Работа с лекционным материалом	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1 из списка основной литературы.	1
5	5.1-5.2	Работа с лекционным материалом, подготовка доклада.	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1 из списка основной и п. 1,2,3 из списка дополнительной литературы.	4
6	6.1-6.3	Работа с лекционным материалом	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1,2 из списка основной литературы.	2
7	7.1-7.3	Работа с лекционным материалом	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1 из списка основной литературы.	2
8	8.1	Работа с лекционным материалом	Проработка конспекта лекций и учебной литературы	Конспект, п.1,4 из списка основной литературы.	1

5.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

1) **Проработка конспекта лекций и учебной литературы.** Рекомендуется просмотреть конспект лекций сразу после занятий, пометить в нем материалы, вызывающие затруднения для понимания. Поиск ответов на возникшие вопросы необходимо осуществить в рекомендованной литературе. Если самостоятельно разобраться не удастся, то необходимо четко сформулировать оставшиеся неясными вопросы и задать их во время ближайшей лекции или консультации преподавателю.

2) **Подготовка доклада.** Подготовку доклада по заданной тематике необходимо начать с четкой формулировки проблемы и составления плана доклада. Следующим этапом должен стать подбор и изучение литературных источников. Используя полученные сведения необходимо подготовить текст доклада и его электронную презентацию, включающую основные логические узлы повествования и иллюстративные материалы (графики, схемы).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1) А. В. Засов, К. А. Постнов. «Общая астрофизика» - Фрязино : "Век 2", 2006	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
2) В.В. Соболев. «Курс теоретической астрофизики» - Москва: «Наука», 1967	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
3) В.В. Иванов «Астрофизика звезд», электронная версия	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
4) Д.И. Нагирнер «Элементы космологии», СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2001.	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ

6.2. Дополнительная литература

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1) Д.Я. Мартынов «Курс общей астрофизики» - 4-е изд., Москва, «Наука», 1988	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
2) К.Гоффмейстер, Г. Рихтер, В. Венцель «Переменные звезды», Москва, «Наука» 1990	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ
3) С.А. Каплан, С.Б. Пикельнер «Физика межзвездной среды» - Москва, «Наука», 1979	ЭБ (http://irbis.iszf.irk.ru): неограниченный доступ

6.3. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- SIMBAD: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>
- Padova database of stellar evolutionary tracks and isochrones: <http://pleiadi.pd.astro.it/>
- GAIA Archive: <https://gea.esac.esa.int/archive/>

6.4. Информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН: <http://irbis.iszf.irk.ru>

6.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:

- NASA-ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/classic-form>

6.6. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

Microsoft Windows 10 Домашняя (Лицензионное соглашение Microsoft на использование операционной системы Windows подтвержденное лицензионным ключом R88NK-FTK6X-4M99C-9KK79-BKM6M, дата выдачи июнь 2018, бессрочно)

Microsoft Office Home and Business 2019 (Лицензионное соглашение Microsoft на использование продукта Office Home and Business 2019 подтвержденное лицензионным ключом VQ36H-WVFHJ-YRRC2-DJYQM-D27RZ, дата выдачи - сентябрь 2018, бессрочно)

7-Zip (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензий: GNU Lesser General Public License, BSD 3-clause License, бессрочно)

Adobe Acrobat Reader DC (Лицензионное соглашение на программное обеспечение Adobe, бессрочно)

Far Manager (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензии Revised BSD license, бессрочно)

K-Lite Codec Pack (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензии GNU Lesser General Public License, бессрочно)

Mozilla FireFox 1 (Свободно распространяемое программное обеспечение на условиях лицензии Mozilla Public License 2.0 (MPL), бессрочно)

Операционная система Ubuntu 18.04 (свободно распространяемое ПО)

Дистрибутив Python Anaconda (свободно распространяемое ПО)

Офисный пакет Libre Office (свободно распространяемое ПО)

7. Образовательные технологии

- Интерактивные лекции
- Семинары
- Групповые дискуссии

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование магистрантами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;
- самостоятельная работа с лекционным материалом

При необходимости, в процессе работы над заданием, магистрант может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

8. Практическая подготовка

Практическая подготовка обучающихся в рамках реализации данной учебной дисциплины осуществляется на практических занятиях.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 30 посадочных мест, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ноутбук HP 15-da1101ur Windows 10 Home • доска магнитно-маркерная BRAUBERG 236851 120x90 см (передвижная) • доска магнитно-маркерная BRAUBERG 235525 180x120 см (на стену) • Колонки 2.0 Thonet & Vander Fleck 7 • экран для проектора Lumien Master Control LMC-100110 305x229 см • проектор BenQ MU641 1920x1200
<p>Помещение для самостоятельной работы</p>	<p>Аудитория оборудована: мебелью на 7 посадочных мест, доской маркерной, техническими средствами обучения</p> <ul style="list-style-type: none"> • проектор BenQ MH733; • Неттоп Lenovo ThinkCentre M710q 10MR006JRU (6 шт.); • Монитор ПУАМА ProLite X2283HSU-B1DP (6 шт.); • Неттоп Lenovo ThinkCentre M710q 10MRS04C00 (1 шт.) • Монитор Dell E2417H (1 шт.) • экран Lumien Eco Picture LEP-100101 <p>С неограниченным доступом к сети Интернет и в электронную информационно-образовательную среду.</p>