

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Волкова Валентина Ивановна
Должность: декан Физико-технического факультета
Дата подписания: 17.06.2026 16:30:24
Уникальный программный ключ:
c973b0192bb96e0e4a132bd03e03375450804cc0

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-технического факультета
канд. физ.-мат. наук, доц. В.И. Волкова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Внутреннее строение и атмосферы звезд»

Направление подготовки/специальность	03.03.02 Физика
Направленность (профиль)/специализация	Фундаментальная и прикладная физика
Год начала обучения	2026
Форма обучения	очная
Реализуется в семестре	7

Разработано:

доцент каф. теоретической
и математической физики,
канд. физ.-мат. наук
Туркин С.Д.

Ставрополь, 2026 г.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Внутреннее строение и атмосферы звезд» является формирование профессиональных компетенций бакалавра по направлению 03.03.02 – Физика, связанных со знанием теоретических основ физики звезд, с умением использовать теоретические знания в научных исследованиях и при решении практических задач.

Основные задачи дисциплины:

- освоение современных и классических методов анализа атмосфер звезд и формирование умения применять их к анализу конкретных звезд;
- освоение современных и классических методов анализа внутреннего строения звезд и формирование умения применять их к анализу конкретных звезд.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.09 «Внутреннее строение и атмосферы звезд» относится к обязательной части дисциплин.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики и математики для постановки и решения научно-исследовательских и прикладных задач в своей профессиональной деятельности	ИД-1 ПК-1 способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научной литературы и информационных материалов по тематике исследования. ИД-2 ПК-1 использует знания в области медицинской физики для разработки методов нахождения решения поставленных профессиональных задач. ИД-3 ПК-1 способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физических процесс уравнений. ИД-4 ПК-1 владеет методологией теоретического, математического и численного моделирования физических процессов, объектов и явлений с использованием как общепринятых методов теоретического и математического моделирования, стандартных пакетов автоматизированного	проведение научных исследований поставленных проблем; выбор необходимых методов исследования; формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований; обладает навыками работы с современными телескопами, приемниками излучения и программами обработки данных наблюдений; работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой; выбор технических средств, подготовка оборудования.

	проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных методов и программ.	
ПК-2 Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ИД-1_{ПК-2} владеет навыками работы с современным приборным оборудованием для проведения научных исследований в своей профессиональной деятельности; ИД-2_{ПК-2} владеет навыками применения современных информационных технологий для проведения, анализа и обработки результатов научных экспериментов (в том числе в автоматизированном режиме). ИД-3_{ПК-2} анализирует результаты научно-исследовательской деятельности, сопоставляет их с известными аналогами, и представляет в виде отчетных материалов; ИД-4_{ПК-2} готов грамотно представлять результаты исследований в том числе в виде докладов и публикаций на научных конференциях различного уровня.	Обладает навыками обзора известных научных работ, оформления и представления результатов собственных исследований. Применение приобретенных знаний, умений и навыков в своей проектной деятельности; прогнозирование результата и постановка целей и задач разрабатываемого проекта, организация работ по созданию и реализации проекта; контроль выполнения работ исполнителями; разработка новых методов проектно-технологической деятельности; участие в формулировке новых задач и разработке новых методических подходов в своей профессиональной деятельности; обработка и анализ полученных данных с помощью современных информационных технологий;
ПК-5 Способен использовать современные цифровые технологии, специализированное программное обеспечение, методы искусственного интеллекта и машинного обучения в профессиональной деятельности	ИД-1_{ПК-5} ориентируется в современных тенденциях развития цифровых технологий, выбирает технологии или программные средства для решения поставленных задач. ИД-2_{ПК-5} умеет обрабатывать и анализировать полученные данные с помощью современных информационных технологий; ИД-3_{ПК-5} обладает готовностью к участию в подготовке проектной	участие в организации научно-исследовательских и научно-инновационных работ, контроль соблюдения техники безопасности; участие в организации семинаров, конференций; составление рефератов, написание и оформление научных статей; участие в подготовке заявок на конкурсы грантов и оформлении научно-технических

	документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов, современного программного обеспечения, в том числе текстовых редакторов и графических программы; ИД-4ПК-5 владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений	проектов, отчетов и патентов; участие в организации инфраструктуры предприятий, в том числе информационной и технологической
--	---	--

4. Объем учебной дисциплины и формы контроля

Объем занятий: всего 3 з.е., 108 акад.ч.	ОФО в акад. ч.
Контактная работа:	90.00
Лекции/ из них практическая подготовка	36.00
Лабораторных работ/ Из них практическая подготовка	54.00
Практических занятий/ из них практическая подготовка	
Самостоятельные работы	18.00
Формы контроля:	
Экзамен	
Зачет	
Зачет с оценкой	7 семестр
Курсовая работа (проект)	
РГР	
Контрольная работа	

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	Очная форма		Формы текущего контроля успеваемости
			Контактная работа обучающихся с преподавателем/ из них в форме практической подготовки, часов	Самостоятельная работа, часов	

			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
1	Основные уравнения звездных фотосфер. Вводятся основные характеристики излучения: интенсивность, поток, средняя интенсивность, плотность излучения, выводятся соотношения между ними. Выводятся основные уравнения звездных атмосфер: уравнение переноса излучения в общем случае и для тонкой атмосферы и уравнение лучистого равновесия.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	
2	Серая фотосфера. Дается определение серого приближения, выводятся основные уравнения в этом приближении. Находятся приближенные решения основных уравнений по методу Шварцшильда и точные решения. Рассматривается проверка найденных решений по распределению	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	

	яркости по диску Солнца.						
3	Локальное термодинамическое равновесие. Дается определение, записываются уравнения Кирхгофа, Планка. Выводятся выражения для потока, функции источника, интенсивности и распределение температуры с глубиной в приближении ЛТР.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	
4	Возбуждение и ионизация в условиях ЛТР. Формулируется математическая постановка задачи. Записывается формула Больцмана (без вывода), обсуждаются проблемы вычисления статистической суммы. Выводится формула Саха.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	
5	Зависимость коэффициента поглощения от частоты в непрерывном спектре. Рассматриваются механизмы непрерывного поглощения. Выводятся формулы для коэффициенты объемного поглощения водородоподобными атомами и ионами и формула для учета отрицательного поглощения.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	

	Рассматриваются поглощение отрицательным ионом водорода и рассеяние излучения на свободных частицах.						
6	Гидростатическое равновесие. Выводится основное уравнение гидростатического равновесия. Рассматривается случай чисто газового давления. Выводится формула для давления излучения. Рассматриваются турбулентное и магнитное давление.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	Коллоквиум
7	Модели атмосфер. Дается определение и обсуждаются необходимые исходные данные и основные предположения. Излагается подробный порядок действий, необходимых для построения модели на первой итерации. Записывается условие сходимости итерационного процесса. Изучаются причины возможной расходимости.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	
8	Коэффициент поглощения в линии. Перечисляются механизмы уширения линии. Подробно рассматриваются механизмы уширения:	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	

	естественное, доплеровское, за счет взаимодействия. Выводятся формулы для коэффициента поглощения с учетом уширения этими механизмами.							
9	Образование линий поглощения при ЛТР. Вводятся характеристики линии поглощения: остаточная интенсивность, глубина, эквивалентная ширина. Рассматриваются механизмы поглощения в линии. Записывается уравнение переноса излучения в линии	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		
10	Линии поглощения при когерентном рассеянии. Вводится понятие обращаемого слоя и делаются другие упрощения, необходимые для аналитического решения уравнения переноса в линии. Находится решение уравнения переноса в предположении Шустера-Шварцшильда. Изучаются изменения профиля линии с увеличением числа поглощающих атомов.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		
11	Кривая роста. Дается определение. Перечисляются задачи, решаемые	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		

	методом кривых роста. Выводится основная формула для модели Шустера-Шварцшильда, дается ее графическое представление и анализ.							
12	Уравнения равновесия звезды Выводится уравнение механического равновесия. Вычисляются распределения плотности и температуры внутри звезды. Выводятся уравнение энергетического равновесия и уравнение лучистого равновесия. Рассматривается стандартная модель звезды в приближении Эддингтона.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00	Коллоквиум	
13	Уравнения состояния звездного вещества Записывается уравнение состояния идеального газа. Выводятся уравнения состояния при нерелятивистском вырождении; слабое и сильное вырождение. Выводится уравнение состояния вырожденного релятивистского электронного газа.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		
14	Конвекция внутри звезд Рассматривается	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		

	условие устойчивости лучистого равновесия. Выводится критерий Шварцшильда. Находится условие конвективного равновесия. Рассматривается конвекция в химически неоднородных средах – выводятся критерий Леду.							
15	Поглощение излучения внутри звезд Определение средней молекулярной массы. Рассматриваются разные виды непрозрачности вещества внутри звезд. Выводятся уравнения для коэффициентов поглощения.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		
16	Тепловое равновесие Формулируется теорема вириала. Вводятся тепловая, гравитационная и термоядерная энергии звезды. Вычисляется кельвиновское и ядерное время жизни звезды. Выводится уравнение теплового равновесия.	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		
17	Термоядерные реакции внутри звезд Выводится формула для определение вероятности термоядерных	ПК-1 ПК-2 ПК-5	2.00		3.00	1.00		

	реакций. Рассматриваются реакции pp-цепочки, реакции CNO-цикла, тройного Альфа- процесса. Вычисляются равновесные содержания элементов, скорость энерговыведения и скорости изменения содержания водорода и гелия. Рассматриваются дополнительные реакции при основных циклах и реакции превращения тяжелых элементов.							
18	Модели внутреннего строения звезд Полная система уравнений. Эволюционная сетка моделей. Уравнения для поверхностных слоев. Физические граничные условия. Оболочки звезд в лучистом и конвективном равновесии. Расчет моделей внутреннего строения для быстрых стадий эволюции.	ПК-1 ПК-2 ПК- 5	2.00		3.00	1.00	Коллоквиум	
	Итого:		36.00		54.00	18.00		

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Синоптическая метеорология» базируется на осваиваемых компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины. ФОС обеспечивает объективный контроль достижения запланированных результатов обучения. ФОС включает в себя:

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

- типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и уровня овладения формируемыми компетенциями в процессе освоения дисциплины.

ФОС является приложением к данной программе дисциплины.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Приступая к работе, каждый студент должен принять во внимание следующие приложения.

Дисциплина построена по тематическому принципу, каждая представляет собой логически завершённый раздел.

Лекционный материал посвящён рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Лабораторные работы направлены на приобретение опыта практической работы в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к лабораторным занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. 2018.
2. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. М., Наука, 3-е изд., 1985.
3. Сахибуллин Н.А. Методы моделирования в астрофизике. I. Звездные атмосферы. Казань, Фэн, 1997.
4. Шварцшильд М., Строение и эволюция звезд. УРСС, 4-е изд., 2009.

8.1.1. Перечень дополнительной литературы:

1. Ред. Михайлов А.А. Курс астрофизики и звездной астрономии. Т.2. 1964.
2. Мартынов Д.А. Курс общей астрофизики. 4-е изд., 1988
3. Мустель Р. Избранные труды. Физические процессы на звездах и на Солнце., 1991.
4. Манчестер Р., Тейлор Дж. Пульсары. М., Мир, 1980.
5. Масевич А.Г., Тутуков А.В. Эволюция звезд: теория и наблюдения., М., Наука, 1988.

Интернет-ресурсы:

1. www.astronet.ru
2. www.sao.ru
3. www.allplanets.ru
4. www.exoplanet.eu

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями. М., УРСС, 2002.
2. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и упражнений по астрономии. М. Наука, 6-е изд., 1974.
3. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная.

- 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, Изд. СПбГУ, 1997.
4. Дагаев М.М. Лабораторный практикум по курсу общей астрономии. М., Высшая школа, 2-е изд., 1972.

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

http://www.chuvsu.ru/~rte/uits/liter_uits/plan_exp/ind.html

<http://iatephysics.narod.ru/knowhow/knowhow7.htm>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При чтении лекций используется компьютерная техника, демонстрации презентационных мультимедийных материалов. На семинарских и практических занятиях студенты представляют презентации, подготовленные ими в часы самостоятельной работы.

Программное обеспечение:

1	Альт Рабочая станция 10
2	Альт Рабочая станция К
3	Альт «Сервер»
4	Пакет офисных программ - Р7-Офис

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Лабораторные занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и возможностью доступа к электронной информационно-образовательной среде университета

11. Особенности освоения дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а также в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.

12. Особенности реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения

Согласно части 1 статьи 16 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» под *электронным обучением* понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под *дистанционными образовательными технологиями* понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Реализация дисциплины может быть осуществлена с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично. Компоненты УМК дисциплины (рабочая программа дисциплины, оценочные и методические материалы, формы аттестации), реализуемой с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, содержат указание на их использование.

При организации образовательной деятельности с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения могут предусматриваться асинхронный и синхронный способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

При применении дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в расписании по дисциплине указываются: способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (ВКС-видеоконференцсвязь, ЭТ – электронное тестирование); ссылки на электронную информационно-образовательную среду СКФУ, на образовательные платформы и ресурсы иных организаций, к которым предоставляется открытый доступ через информационно-

телекоммуникационную сеть «Интернет»; для синхронного обучения - время проведения онлайн-занятий и преподаватели; для асинхронного обучения - авторы онлайн-курсов.

При организации промежуточной аттестации с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения используются Методические рекомендации по применению технических средств, обеспечивающих объективность результатов при проведении промежуточной и государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры с применением дистанционных образовательных технологий (Письмо Минобрнауки России от 07.12.2020 г. № МН-19/1573-АН "О направлении методических рекомендаций").

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется с использованием электронной информационно-образовательной среды СКФУ, к которой обеспечен доступ обучающихся через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет», или с использованием ресурсов иных организаций, в том числе платформ, предоставляющих сервисы для проведения видеоконференций, онлайн-встреч и дистанционного обучения (МТС-Линк), а также с использованием возможностей социальных сетей для осуществления коммуникации обучающихся и преподавателей.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины, реализуемой с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, включает представленные в электронном виде рабочую программу, учебно-методические пособия или курс лекций, методические указания к выполнению различных видов учебной деятельности обучающихся, предусмотренных дисциплиной, и прочие учебно-методические материалы, размещенные в информационно-образовательной среде СКФУ.