

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В СОВРЕМЕННОЙ АСТРОФИЗИКЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
1	2-3	72- 108	12	36	0	24-60	0	3
2	3	108	10	35	0	27	0	Э
Итого	5-6	180- 216	22	71	0	0	51-87	0

АННОТАЦИЯ

В лекциях изложены вопросы релятивистской астрофизики звезд и компактных объектов, находящиеся в центре современных интересов изучения строения наблюдаемой Вселенной и свойств вещества в экстремальных условиях. Рассмотрены различные сценарии образования и приведены свойства релятивистских объектов, таких как белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры и релятивистские звездные скопления.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины "Математические модели в современной астрофизике" являются освоение студентами современных математических методов построения моделей космологических объектов и их приложения в различных областях, включая, прежде всего, ядерную физику и технологии, в частности теории сильно нагретого и сжатого вещества. Полученные в результате освоения данной дисциплины навыки и знания используются при подготовке дипломных проектов и при проведении научно-поисковых исследований. Ключевая задача курса – научить слушателей построению, исследованию и реализации математических моделей (включая возможность построения разностных схем для численного решения нестационарных задач) для описания компактных астрофизических объектов

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл: цикл профессиональных дисциплин математических наук.

Курс опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: математика: математический анализ, математика: геометрия и алгебра, численные методы, уравнения математической физики.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам теоретической физики, дифференциальным уравнениям, вариационному исчислению. Необходимо уметь работать с матрицами, решать дифференциальные и интегральные уравнения, знать дифференциальное и интегральное исчисление.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-3 [1] – Способен в рамках своей профессиональной деятельности анализировать, выявлять, формализовать и находить решения	3-ОПК-3 [1] – Знать современные методы анализа, обработки информации и решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач. В-ОПК-3 [1] – Владеть навыками использования

фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач	современных методов анализа, обработки и формализации информации в сфере профессиональной деятельности, а также решения фундаментальных и прикладных научно-технических, технологических и инновационных задач У-ОПК-3 [1] – Уметь решать типовые задачи профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.
УКЦ-1 [1] – Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	3-УКЦ-1 [1] – Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы У-УКЦ-1 [1] – Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности В-УКЦ-1 [1] – Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	3-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологи и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
планирование и проведение теоретических исследований, разработка новых физических и математических, в том числе компьютерных, моделей изучаемых процессов и явлений, анализ и синтез	модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям	ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и	3-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования

<p>данных аналитических исследований в предметной области</p>	<p>предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса</p>	<p>процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.</p>
<p>создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно- исследовательских и прикладных целей; изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально- экономических наук по профилям</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 40.008</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать методики оценки и выбора методов исследования.; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования; В-ПК-2[1] - Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.</p>

<p>зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>	<p>предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>		
<p>планирование и разработка новых методов и технических средств для проведения фундаментальных исследований и выполнения инновационных разработок</p>	<p>модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса</p>	<p>ПК-7.2 [1] - Способен проводить имитационное моделирование физических объектов и процессов с использованием современных программных комплексов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 25.039, 25.048, 25.051</p>	<p>3-ПК-7.2[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, физико-математического и имитационного моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования и использования современных программных комплексов.; У-ПК-7.2[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи; оценивать результаты исследований; формулировать результаты проведенного моделирования,</p>

			<p>проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты с использованием современных программных комплексов; В-ПК-7.2[1] - Владеть навыками выбора и использования средств имитационного моделирования физических объектов и процессов с использованием современных программных комплексов, методами анализа и синтеза научной информации.</p>
<p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления и оценка области ее применимости, аналитические и численные расчеты; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>ПК-9.4 [1] - Способен строить физические и математические модели явлений, проводить числовые оценки, выбирать и применять математические методы для получения количественных результатов в рамках модели.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-9.4[1] - Знать основные принципы построения физических и математических моделей явлений, методы проведения числовых оценок, математические методы получения количественных результатов в рамках модели.; У-ПК-9.4[1] - Уметь строить физические и математические модели явлений, проводить числовые оценки, выбирать и применять математические методы для получения количественных результатов в рамках модели.; В-ПК-9.4[1] - Владеть навыками построения физических и математических</p>

эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий;			моделей явлений, навыками проведения числовых оценок, навыками выбирать и применять математические методы для получения количественных результатов в рамках модели.
инновационный;			
участие в создании новых объектов техники и технологии, а также во внедрении инновационных технологических процессов и объектов новой техники в качестве исполнителя, ответственного за самостоятельный участок работы	объекты техники, технологии и производства	<p>ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.010, 40.011</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ;</p> <p>У-ПК-5[1] - Уметь применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий;</p> <p>В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких</p>

			технологий
производственно-технологический			
разработка математических моделей, технологий для решения инженерных, технических и информационных задач	модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса	ПК-9 [1] - Способен проводить математическое и компьютерное моделирование объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 40.011	З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области. ; У-ПК-9[1] - Уметь применять методы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области; В-ПК-9[1] - Владеть навыками математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	6/18/0		25	КИ-8	З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ПК-1,

							У- ПК-1, В- ПК-1, З-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, З-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5, З-ПК- 7.2, У- ПК- 7.2, В- ПК- 7.2, З-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, З-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК- 9.4, З- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, З- УКЦ- 2, У- УКЦ-
--	--	--	--	--	--	--	---

							2, В- УКЦ- 2
2	Часть 2	9-16	6/18/0		25	КИ-16	3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3-ПК- 7.2, У- ПК- 7.2, В- ПК- 7.2, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК-

							9.4, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		12/36/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	30, 3	3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3-ПК- 7.2, У- ПК- 7.2,

							В- ПК- 7.2, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК- 9.4, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2, 3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2,
--	--	--	--	--	--	--	---

							У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3-ПК- 7.2, У- ПК- 7.2, В- ПК- 7.2, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК- 9.4, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
	<i>2 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	5/18/0		25	КИ-8	3-

							ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-9.4, У-ПК-9.4, В-ПК-9.4, 3-УКЦ-1, У-
--	--	--	--	--	--	--	--

							УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Часть 2	9-15	5/17/0		25	КИ-15	3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, 3-ПК-9, У-

							ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК- 9.4, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		10/35/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК-

							5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3-ПК- 7.2, У- ПК- 7.2, В- ПК- 7.2, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 9.4, У- ПК- 9.4, В- ПК- 9.4, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
--	--	--	--	--	--	--	--

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозна	Полное наименование
--------	---------------------

чение	
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	12	36	0
1-8	Часть 1	6	18	0
1	Соотношения астрофизических величин в астрофизике (время, плотность, энергии и т.д.) Соотношения астрофизических величин в астрофизике (время, плотность, энергии и т.д.)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Уравнение состояния. Идеальный газ и учет не идеальности. Вырожденный, релятивистский и релятивистски вырожденный электронный газ. Нейтронный газ Уравнение состояния. Идеальный газ и учет не идеальности. Вырожденный, релятивистский и релятивистски вырожденный электронный газ. Нейтронный газ	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Элементы Ньютоновской теории гравитации: энергия взаимодействия, отличие гравитационного взаимодействия от других типов. Элементы Ньютоновской теории гравитации: энергия взаимодействия, отличие гравитационного взаимодействия от других типов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Вывод уравнения Пуассона для векторных полей ускорения в гравитации Гравитационный потенциал Вывод уравнения Пуассона для векторных полей ускорения в гравитации Гравитационный потенциал	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Сферически-симметричные поля тяготения. Применение к звездам. Полная и текущая масса звезды, Эйлеровы и лагранжевы координаты. Энергия гравитационного взаимодействия. Сферически-симметричные поля тяготения. Применение к звездам. Полная и текущая масса звезды, Эйлеровы и лагранжевы координаты. Энергия гравитационного взаимодействия.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Уравнение равновесия звезды. Термодинамика звезды. Теорема вириала. Уравнение равновесия звезды. Термодинамика звезды. Теорема вириала.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Уравнение Эмдена, Параметры политропы и частные случаи выделенных показателей политроп. Уравнение Эмдена, Параметры политропы и частные случаи выделенных показателей политроп.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

8	Качественная теория равновесия звезд (нейтронные звезды, белые карлики и горячие звезды) и качественные оценки структуры. Качественная теория равновесия звезд (нейтронные звезды, белые карлики и горячие звезды) и качественные оценки структуры.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	6	18	0
9	Теория переноса в звездах 1(основные понятия теории равновесного излучения, кинетика фотонов и распределение Планка, тормозное излучение и рассеяние на электронах) Теория переноса в звездах 1(основные понятия теории равновесного излучения, кинетика фотонов и распределение Планка, тормозное излучение и рассеяние на электронах)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Теория переноса в звездах 2 (перенос излучения при рассеянии, коэффициент теплопроводности и Росселандово среднее, поведение физических величин у поверхности горячей звезды) Теория переноса в звездах 2 (перенос излучения при рассеянии, коэффициент теплопроводности и Росселандово среднее, поведение физических величин у поверхности горячей звезды)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Устойчивость теплового потока (Эддингтоновская светимость, конвекция) Устойчивость теплового потока (Эддингтоновская светимость, конвекция)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Звездные ядерные реакции Звездные ядерные реакции	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Расчеты структуры звезд (главная последовательность) Расчеты структуры звезд (главная последовательность)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Расчеты структуры звезд (главная последовательность) Расчеты структуры звезд (главная последовательность)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Поздние стадии эволюции и взрывы звезд 2 Поздние стадии эволюции и взрывы звезд 2	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Магнитогидродинамические процессы в астрофизике Магнитогидродинамические процессы в астрофизике	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>2 Семестр</i>	10	35	0
1-8	Часть 1	5	18	0
1	Соотношения астрофизических величин в астрофизике (время, плотность, энергии и т.д.)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0

	Соотношения астрофизических величин в астрофизике (время, плотность, энергии и т.д.)	Онлайн		
		0	0	0
2	Уравнение состояния. Идеальный газ и учет не идеальности. Вырожденный, релятивистский и релятивистски вырожденный электронный газ. Нейтронный газ Уравнение состояния. Идеальный газ и учет не идеальности. Вырожденный, релятивистский и релятивистски вырожденный электронный газ. Нейтронный газ	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Элементы Ньютоновской теории гравитации: энергия взаимодействия, отличие гравитационного взаимодействия от других типов. Элементы Ньютоновской теории гравитации: энергия взаимодействия, отличие гравитационного взаимодействия от других типов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Вывод уравнения Пуассона для векторных полей ускорения в гравитации Гравитационный потенциал Вывод уравнения Пуассона для векторных полей ускорения в гравитации Гравитационный потенциал	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Сферически-симметричные поля тяготения. Применение к звездам. Полная и текущая масса звезды, Эйлеровы и лагранжевы координаты. Энергия гравитационного взаимодействия. Сферически-симметричные поля тяготения. Применение к звездам. Полная и текущая масса звезды, Эйлеровы и лагранжевы координаты. Энергия гравитационного взаимодействия.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Уравнение равновесия звезды. Термодинамика звезды. Теорема вириала. Уравнение равновесия звезды. Термодинамика звезды. Теорема вириала.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Уравнение Эмдена, Параметры политропы и частные случаи выделенных показателей политроп. Уравнение Эмдена, Параметры политропы и частные случаи выделенных показателей политроп.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Качественная теория равновесия звезд (нейтронные звезды, белые карлики и горячие звезды) и качественные оценки структуры. Качественная теория равновесия звезд (нейтронные звезды, белые карлики и горячие звезды) и качественные оценки структуры.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	5	17	0
9	Теория переноса в звездах 1(основные понятия теории равновесного излучения, кинетика фотонов и распределение Планка, тормозное излучение и рассеяние на электронах) Теория переноса в звездах 1(основные понятия теории равновесного излучения, кинетика фотонов и распределение Планка, тормозное излучение и рассеяние на электронах)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

10	Теория переноса в звездах 2 (перенос излучения при рассеянии, коэффициент теплопроводности и росселандово среднее, поведение физических величин у поверхности горячей звезды) Теория переноса в звездах 2 (перенос излучения при рассеянии, коэффициент теплопроводности и росселандово среднее, поведение физических величин у поверхности горячей звезды)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Устойчивость теплового потока (Эддингтоновская светимость, конвекция) Устойчивость теплового потока (Эддингтоновская светимость, конвекция)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Звездные ядерные реакции Звездные ядерные реакции	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Расчеты структуры звезд (главная последовательность) Расчеты структуры звезд (главная последовательность)	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Расчеты структуры звезд (главная последовательность) Расчеты структуры звезд (главная последовательность)	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Поздние стадии эволюции и взрывы звезд 2 Поздние стадии эволюции и взрывы звезд 2	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Магнитогидродинамические процессы в астрофизике Магнитогидродинамические процессы в астрофизике	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе «Математические модели в современной астрофизике» используются традиционные и современные образовательные технологии: лекции (с визуализацией), семинарские занятия с разбором задач и примеров и большие домашние задания.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ОПК-3	З-ОПК-3	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-3	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-3	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1	З-ПК-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-7.2	З-ПК-7.2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7.2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7.2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
УКЦ-1	З-УКЦ-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УКЦ-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УКЦ-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
УКЦ-2	З-УКЦ-2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УКЦ-2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УКЦ-2	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9.4	З-ПК-9.4	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9.4	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9.4	З, ЗО, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 538.9 Ф80 Лекции по физике экстремальных состояний вещества : , Москва: Издательский дом МЭИ, 2013
2. 52 Б88 Лекции по гравитации и космологии : учебное пособие для вузов, К. А. Бронников, С. Г. Рубин, Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Методические рекомендации по освоению теоретического материала.

Для успешного изучения курса необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия.

Для успешного освоения теоретической части курса необходимо регулярно посещать лекции и вести конспект. После каждой лекции следует внимательно разбирать лекционный материал, причём при необходимости следует проделывать некоторые дополнительные выкладки, если такие были оставлены лектором для самостоятельной работы. Перед началом каждой лекции имеет смысл просмотреть конспект, чтобы усвоение нового материала проходило лучше, так как в большинстве случаев изложение опирается на материал, прочитанный на предыдущих занятиях.

Для полного освоения курса недостаточно изучать лишь лекционный материал. В ходе освоения курса следует читать книги, предложенные в списке литературы по курсу. Настоятельно рекомендуется также использовать литературу, обозначенную как «дополнительная», а также самостоятельно или с помощью преподавателя искать и другие источники. При работе с литературой почти бесполезно только читать предложенный материал. Следует проделывать все или хотя бы основные выкладки. Важно осознавать, что только самостоятельно проделанные выкладки приводят к пониманию материала. Все, что осталось непонятым, следует спросить у преподавателя на ближайшем занятии. Если даже целый раздел остался неясным, это не показатель ваших способностей; скорее всего вы еще не начали задавать вопросы себе и другим. А изучить теоретическую физику без вопросов: зачем?, почему?, откуда? — невозможно. То же касается и разбора лекционного материала.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач.

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте учебного управления университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию - это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям, данным выше. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семина-

ре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами.

Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие.

Следует прикинуть, какие основные законы и уравнения и в каких приближениях следует использовать и записать их, после чего попытаться решить.

Задача должна быть сначала решена в максимально общем виде.

Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность.

Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях и изобразить характер изучаемой зависимости графически.

Если возможно, при получении того или иного результата, следует указать границы его применимости.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если вы решаете задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю. Не следует бояться непривычно длинных математических выкладок, т.к. подобные «длинные» задачи приближены к реальным задачам, с которыми вы можете столкнуться в будущем в научной или другой работе.

Методические рекомендации для подготовки к контрольным и проверочным работам.

Контрольные работы проводятся для проверки качества усвоения материала и выполнения домашних заданий студентами. Они основываются строго на пройденном материале и не выходят за рамки излагаемого курса. Своевременное изучение лекционных материалов и выполнение домашних заданий гарантирует успешное выполнение контрольных и проверочных работ. При подготовке следует руководствоваться общепринятыми установками, т.е. повторить изученный материал, запомнить основные идеи, принципы и результаты курса. Не следует пытаться «вызубрить» материал, достаточно понять и запомнить логику вывода тех или иных результатов и решения задач и осознать их физический и математический смысл. При выполнении контрольной или проверочной работы необходимо записывать все основные шаги при решении задачи, не «перескакивая» к какому-то промежуточному или окончательному результату без каких-либо на то физических или математических обоснований.

Никаких особых требований к оформлению работ нет. Работа должна быть записана так, чтобы была понятна логика решения задач. Окончательный ответ необходимо выделить каким-либо способом так, чтобы проверяющему было понятно, что это и есть ответ к задаче.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Студенты должны, используя прослушанный на лекциях материал, научиться решать задачи по курсу. Следует использовать различные приемы вовлечения студентов в творческий

процесс освоения учебного материала: опрос студентов по содержанию прочитанных лекций, вызов студентов к доске для решения текущих задач, самостоятельное решение задачи со сверкой промежуточных и конечного результатов решения, показ преподавателем на доске решения типовых задач, самостоятельные работы.

Организация контроля

Контроль знаний осуществляется и путем проведения контрольных или самостоятельных работ с последующей проверкой.

На основании этих результатов выставляется внутрисеместровый зачет/экзамен.

Проведение зачетов и экзаменов

Для допуска к аттестации необходимо иметь положительные оценки по каждой теме. Во время аттестации студент получает индивидуальный билет и готовит ответы на вопросы по курсу.

Автор(ы):

Чечёткин Валерий Михайлович, д.ф.-м.н.,
профессор

Рецензент(ы):

Попруженко С.В.