

МИНПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волгоградский государственный социально-педагогический университет»  
Факультет математики, информатики и физики  
Кафедра высшей математики и физики

«УТВЕРЖДАЮ»  
Проректор по учебной работе  
Ю. А. Жадаев  
« 29 » марта 2021 г.

## **Физика неравновесных систем**

**Программа учебной дисциплины**

Направление 44.03.05 «Педагогическое образование

(с двумя профилями подготовки)»

Профили «Математика», «Физика»

*очная форма обучения*

Волгоград  
2021

Обсуждена на заседании кафедры высшей математики и физики

« 24 » 02 2021 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.Ю. Глазов « 24 » 02 2021 г.  
(подпись) (зав.кафедрой) (дата)

Рассмотрена и одобрена на заседании учёного совета факультета математики, информатики и физики « 18 » марта 2021 г., протокол № 6

Председатель учёного совета Т.К. Смыковская « 18 » марта 2021 г.  
(подпись) (дата)

Утверждена на заседании учёного совета ФГБОУ ВО «ВГСПУ»  
« 29 » марта 2021 г., протокол № 6

#### Отметки о внесении изменений в программу:

Лист изменений № \_\_\_\_\_  
(подпись) (руководитель ОПОП) (дата)

Лист изменений № \_\_\_\_\_  
(подпись) (руководитель ОПОП) (дата)

Лист изменений № \_\_\_\_\_  
(подпись) (руководитель ОПОП) (дата)

#### Разработчики:

Глазов Сергей Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики и физики ФГБОУ ВО "ВГСПУ".

Программа дисциплины «Физика неравновесных систем» соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» (утверждён приказом Министерства образования и науки РФ от 22 февраля 2018 г. № 125) и базовому учебному плану по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» (профили «Математика», «Физика»), утверждённому Учёным советом ФГБОУ ВО «ВГСПУ» (от 29 марта 2021 г., протокол № 6).

## 1. Цель освоения дисциплины

Формирование систематизированных знаний в области теоретических основ, практического содержания и методов физики; использование знаний по современной физической картине мира для решения задач педагогической и культурно-просветительской деятельности.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика неравновесных систем» относится к вариативной части блока дисциплин и является дисциплиной по выбору.

Для освоения дисциплины «Физика неравновесных систем» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения дисциплин «Алгебра», «Атомная и ядерная физика», «Вариативные методические системы обучения математике», «Вводный курс математики», «Геометрия», «Дидактика математики с практикумом решения математических задач», «Дискретная математика», «Дифференциальные уравнения», «ИКТ и медиаинформационная грамотность», «Математическая логика и теория алгоритмов», «Математический анализ», «Методика обучения физике», «Механика», «Молекулярная физика», «Оптика», «Практикум решения задач по элементарной математике», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Теория чисел», «Термодинамика», «Технологии обучения решению задач по математике повышенной сложности», «Философия», «Частная методика обучения математике», «Численные методы», «Электричество и магнетизм», «Элементарная физика», «Естественнонаучная картина мира», «Квантовая механика», «Классическая механика», «Статистическая физика», «Электродинамика», «Электротехника», прохождения практик «Производственная (исследовательская) практика», «Производственная (педагогическая) практика (Математика)», «Учебная (технологическая) практика».

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для последующего изучения дисциплин «Актуальные проблемы физического образования», «Инновационные технологии обучения физике», «Исследование операций», «Методика обучения математике на углубленном уровне», «Физика колебаний», «Физика ядра и элементарных частиц», прохождения практик «Производственная (преддипломная) практика», «Учебная (методическая) практика».

## 3. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины выпускник должен обладать следующими компетенциями:

- способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1);
- способен применять предметные знания в образовательном процессе (ПК-3).

**В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

### **знать**

- основные физические явления в открытых неравновесных системах, их экспериментальное исследование, и их математические модели;
- основные явления классических неравновесных систем, и их экспериментальное исследование;

– основные явления неравновесной квантовой физики, и особенности их экспериментального исследования, назначение и принципы действия важнейших физических приборов;

**уметь**

– объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты в неравновесных системах с позиций фундаментальных физических взаимодействий;  
 – использовать методы адекватного физического и математического моделирования, а также применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем классических неравновесных систем;  
 – работать с приборами и оборудованием современной физической лаборатории, использовать различные методики физических измерений и обработки экспериментальных данных, моделировать физические процессы в квантовых неравновесных системах;

**владеть**

– основными общезначимыми законами и принципами для описания неравновесных систем;  
 – основными методами физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач;  
 – правилами эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории квантовых неравновесных процессов.

**4. Объём дисциплины и виды учебной работы**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	28	28
В том числе:		
Лекции (Л)	14	14
Практические занятия (ПЗ)	14	14
Лабораторные работы (ЛР)	–	–
<b>Самостоятельная работа</b>	44	44
<b>Контроль</b>	–	–
Вид промежуточной аттестации		ЗЧ
Общая трудоемкость	часы	72
	зачётные единицы	2

**5. Содержание дисциплины**

**5.1. Содержание разделов дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Статистическая теория открытых систем	Возникновение физики открытых систем. Роль коллективных явлений в образовании структур. Примеры возникновения структур в физических и химических процессах. Регулярное (синхронизация) и нерегулярное (хаотическое) поведение сложных систем (примеры). Статистическая теория открытых систем, обменивающихся с окружающими телами веществом, энергией, информацией. Процессы деградации, самоорганизации, образования структур.

		<p>Критерии самоорганизации. Представление о ветвлении решений, точки бифуркации, фазовые переходы первого и второго рода в физике. Фinitность движения, неподвижные точки и условия их устойчивости. Очертания странного аттрактора и его структура. Структуры простых систем. Стохастические процессы. Описание движения усредненными характеристиками: средние значения, функции распределения, корреляционные функции, спектры. Случайные процессы. Марковские цепи. Обобщенные кинетические уравнения.</p>
2	Физика неравновесных процессов в классических системах	<p>Кинетика электронов. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Термоэлектрические явления в металле и полупроводнике, диссипативная функция Рэлея, симметрия кинетических коэффициентов. Тензор электропроводности в магнитном поле. Эффект Холла. Кинетика газов и жидкости. Вывод уравнений гидродинамики. Законы сохранения и потоки энергии, энтропии, тензор плотности потока импульса. Равновесное и локально-равновесное распределение. Условие применимости гидродинамики. Теплопроводность и вязкость. Поглощение звука. Плазма. Уравнения Власова. Бесстолкновительная плазма. Диэлектрическая проницаемость. Затухание Ландау. Спектр плазмонов. Современные теоретические представления, математические и компьютерные методы анализа случайных процессов и полей. Проблема аналогов второго начала термодинамики для открытых диссипативных нелинейных сред. Упорядоченность, возникающая в конвективных процессах в реакции Белоусова - Жаботинского. Брюсселятор. Модель Лоренца и ее физический прототип – задача о термоконвекции Рэлея – Бенара. Единое кинетическое и гидродинамическое описание неравновесных процессов. Активные среды.</p>
3	Физика неравновесных процессов в квантовых системах	<p>Неравновесная матрица плотности. Квантовое уравнение Лиувилля. Теория линейного отклика Кубо. Запаздывающая, причинная и опережающая функции Грина. Вывод кинетического уравнения для электронов, рассеивающихся на примесях. Неравновесная нанофизика. Ток через квантовый точечный контакт. Квантование кондактанса. Эффект Ааронова-Бома. Двумерные электронные системы. Графен. Диффузионные квантовые проволоки, углеродные нанотрубки. Электронная фазовая когерентность. Слабая локализация, резонансное туннелирование. Одноэлектронное туннелирование. Кулоновская блокада. Случайные матрицы. Туннелирование и котуннелирование. Эффект Казимира. Наноплазмоника и метаматериалы. Спайзеры. III. Неравновесные явления в</p>

		сверхпроводящих контактах. Андреевское отражение. Контакты сверхпроводник - нормальный металл. Слабая связь между сверхпроводниками. Эффект Джозефсона и его приложения. Сквиды.
--	--	--

## 5.2. Количество часов и виды учебных занятий по разделам дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего
1	Статистическая теория открытых систем	4	4	–	14	22
2	Физика неравновесных процессов в классических системах	4	6	–	16	26
3	Физика неравновесных процессов в квантовых системах	6	4	–	14	24

## 6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### 6.1. Основная литература

1. Статистическая физика. Часть 3. Термодинамика и статистическая физика неравновесных состояний : учебно-методическое пособие / составители Е. Е. Горбенко [и др.]. — Луганск : Книта, 2021. — 92 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/111214.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/111214>.

2. Петелин, А. Л. Нелинейная термодинамика: устойчивость конечных состояний неравновесных систем : курс лекций / А. Л. Петелин. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2011. — 101 с. — ISBN 978-5-87623-499-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98095.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### 6.2. Дополнительная литература

1. Кузьмичева, В. А. Молекулярная физика и термодинамика : курс лекций / В. А. Кузьмичева. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2016. — 48 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/65668.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Самородина, Т. В. Механика. Молекулярная физика и термодинамика : учебное пособие для проведения практических занятий по курсу общей физики / Т. В. Самородина. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2013. — 68 с. — ISBN 978-5-7433-2668-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/76489.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/76489>.

## 7. Ресурсы Интернета

Перечень ресурсов Интернета, необходимых для освоения дисциплины:

1. [https://mipt.ru/education/chair/theoretical\\_physics/courses/](https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/courses/).
2. [https://mipt.ru/education/chair/theoretical\\_physics/biblio/](https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/).
3. <http://ufn.ru/>.

## **8. Информационные технологии и программное обеспечение**

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

1. Математический пакет Wolfram Mathematica.
2. Офисный пакет Open Office.
3. Программное обеспечение для коммуникации.
4. Ocrad (программа для оптического распознавания документов).

## **9. Материально-техническая база**

Для проведения учебных занятий по дисциплине «Физика неравновесных систем» необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

1. Аудитория с мультимедийной поддержкой для проведения лекционных занятий.
2. Аудитория с мультимедийной поддержкой для проведения практических занятий.
3. Аудитории для проведения самостоятельной работы студентов с доступом к сети Интернет.

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина «Физика неравновесных систем» относится к вариативной части блока дисциплин и является дисциплиной по выбору. Программой дисциплины предусмотрено чтение лекций и проведение практических занятий. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Лекционные занятия направлены на формирование глубоких, систематизированных знаний по разделам дисциплины. В ходе лекций преподаватель раскрывает основные, наиболее сложные понятия дисциплины, а также связанные с ними теоретические и практические проблемы, даёт рекомендации по практическому освоению изучаемого материала. В целях качественного освоения лекционного материала обучающимся рекомендуется составлять конспекты лекций, использовать эти конспекты при подготовке к практическим занятиям, промежуточной и итоговой аттестации.

Практические занятия являются формой организации педагогического процесса, направленной на углубление научно-теоретических знаний и овладение методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения учебных действий в сфере изучаемой науки. Практические занятия предполагают детальное изучение обучающимися отдельных теоретических положений учебной дисциплины. В ходе практических занятий формируются умения и навыки практического применения теоретических знаний в конкретных ситуациях путем выполнения поставленных задач, развивается научное мышление и речь, осуществляется контроль учебных достижений обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с теоретическим материалом дисциплины по изучаемым темам – разобрать конспекты лекций, изучить литературу, рекомендованную преподавателем. Во время самого занятия рекомендуется активно участвовать в выполнении поставленных заданий, задавать вопросы, принимать участие в дискуссиях, аккуратно и своевременно выполнять контрольные задания.

Контроль за качеством обучения и ходом освоения дисциплины осуществляется на основе рейтинговой системы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов. Рейтинговая система предполагает 100-балльную оценку успеваемости студента

по учебной дисциплине в течение семестра, 60 из которых отводится на текущий контроль, а 40 – на промежуточную аттестацию по дисциплине. Критериальная база рейтинговой оценки, типовые контрольные задания, а также методические материалы по их применению описаны в фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к данной программе.

## **11. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающихся является неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства.

Самостоятельная работа обучающихся во внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям, а также изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины. Такая работа может предполагать проработку теоретического материала, работу с научной литературой, выполнение практических заданий, подготовку ко всем видам контрольных испытаний, выполнение творческих работ.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине представлено в рабочей программе и включает в себя:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- информационно-справочные и образовательные ресурсы Интернета;
- оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Конкретные рекомендации по планированию и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Физика неравновесных систем» представлены в методических указаниях для обучающихся, а также в методических материалах фондов оценочных средств.

## **12. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств, включающий перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания и методические материалы является приложением к программе учебной дисциплины.