

# ФИЗИКА НЕРАВНОВЕСНЫХ СИСТЕМ

## 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 общефизическими 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. Общая трудоёмкость дисциплины и её распределение**

количество зачётных единиц – 2,  
общая трудоёмкость дисциплины в часах – 72 ч. (в т.ч. аудиторных часов – 28 ч., СРС – 44 ч.),  
распределение по семестрам – 9,  
форма и место отчётности – зачёт (9 семестр).

#### **5. Краткое содержание дисциплины**

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. 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.

Физика неравновесных процессов в классических системах.

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 Рэля – Бенара. Единое кинетическое и гидродинамическое описание неравновесных процессов. Активные среды.

Физика неравновесных процессов в квантовых системах.

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 нанопластика. Ток через квантовый точечный контакт. Квантование контактанса. 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 сверхпроводящих контактах. Андреевское отражение. Контакты сверхпроводник - нормальный металл. Слабая связь между сверхпроводниками. Эффект Джозефсона и его приложения. Сквиды.

## **6. Разработчик**

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