

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"

Кафедра физики фазовых переходов

Авторы-составители: **Макаров Дмитрий Владимирович**
Поперечный Игорь Сергеевич

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА КИНЕТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
Код УМК 88732

Утверждено
Протокол №12
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Физика кинетических явлений

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физика кинетических явлений** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

ПК.4 способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физика кинетических явлений

Рассматриваются методы и подходы теории неравновесных статистических систем.

Броуновское движение

Рассматриваются основы теории броуновского движения. Список основных изучаемых вопросов:

- Основные принципы описания броуновского движения.
- Уравнение Ланжевена. Двухвременная корреляционная функция.
- Решения уравнения Ланжевена. Формулы Эйнштейна для броуновского движения.
- Функция распределения. Уравнение Смолуховского.
- Уравнение Фоккера-Планка.
- Точные решения уравнения Фоккера-Планка.

Случайные процессы

Рассматриваются имеющие физический интерес аспекты теории случайных процессов:

- Условие эргодичности случайного процесса.
- Понятие марковского случайного процесса.
- Свойства гауссовского случайного стационарного марковского процесса.
- Корреляционные и спектральные характеристики случайных процессов.
- Применение метода спектральных разложений к описанию броуновского движения.

Кинетические уравнения

Рассматриваются основы микроскопической теории неравновесных статистических систем. Список основных изучаемых вопросов:

- Способы задания микроскопического состояния статистической системы. Теорема и уравнение Лиувилля.
- Структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Интеграл столкновения.
- Кинетическое уравнение с релаксационным членом.
- Цепочка уравнений Боголюбова.
- Приближение самосогласованного поля (уравнение Власова).
- Кинетическое уравнение Больцмана.
- Решение уравнения Больцмана для равновесного состояния.
- Решения уравнения Больцмана в поле внешних сил. H-теорема Больцмана.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619858>
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 10. Физическая кинетика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002, ISBN 5-9221-0125-0.-536
3. Дмитриев, А. В. Основы статистической физики материалов : учебник / А. В. Дмитриев. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. — 672 с. — ISBN 5-211-04830-X. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13062>
4. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. учебное пособие : в 3 т. Т. 3. Теория неравновесных систем / И. А. Квасников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Едиториал УРСС, 2003, ISBN 5-354-00079-3.-448

Дополнительная:

1. Щеголев И. Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики: [учебное пособие] / И. Ф. Щеголев. — Долгопрудный : Издательский дом "Интеллект", 2008, ISBN 978-5-91559-006-8.-207.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://www.journals.elsevier.com/stochastic-processes-and-their-applications/> Открытый архив журнала "Journal of Stochastic Processes and their Applications" (издательство Elsevier)

https://journals.aps.org/prx/subjects?subject_area%5B%5D=statistical Журнал открытого доступа "Physical Review X". Статьи по статистической физике.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физика кинетических явлений** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

Дисциплина не предусматривает использование специального программного обеспечения.

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятия занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Физика кинетических явлений**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>ЗНАТЬ: основные понятия и уравнения теории кинетических явлений; УМЕТЬ: получать решения уравнения Больцмана в различных приближениях ВЛАДЕТЬ: навыками расчёта кинетических коэффициентов</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основные уравнения теории кинетических явлений; не умеет получать решения уравнения Больцмана в различных приближениях; не владеет навыками расчёта кинетических коэффициентов;</p> <p align="center">Удовлетворительн Знание основных уравнений теории кинетических явлений;</p> <p align="center">Хорошо Знание основных понятия и уравнений теории кинетических явлений; Умение получать решения уравнения Больцмана в различных приближениях;</p> <p align="center">Отлично Знание основных уравнений теории кинетических явлений; Умение получать решения уравнения Больцмана в различных приближениях; Владение навыками расчёта кинетических коэффициентов;</p>
<p>ПК.4 способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей</p>	<p>ЗНАТЬ: основные подходы к описанию броуновского движения; методы анализа случайных процессов; основные положения теории Онсагера; УМЕТЬ: получать решения уравнений Ланжевена и Фоккера-Планка в различных приближениях; делать выводы о линейном отклике статистической</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не знает основные подходов к описанию броуновского движения; Не умеет получать решения уравнений Ланжевена и Фоккера-Планка в различных приближениях; Не владеет навыками расчёта корреляционных свойств случайных процессов;</p> <p align="center">Удовлетворительн Знает основные подходы к описанию броуновского движения;</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>системы на основе её обобщённой восприимчивости; ВЛАДЕТЬ: навыками расчёта корреляционных свойств случайных процессов во временном и частотном представлениях;</p>	<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает основные подходов к описанию броуновского движения; Умеет получать решения уравнений Ланжевена и Фоккера-Планка в различных приближениях;</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает основные подходов к описанию броуновского движения; Умеет получать решения уравнений Ланжевена и Фоккера-Планка в различных приближениях; Владеет навыками расчёта корреляционных свойств случайных процессов;</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Броуновское движение Входное тестирование	Основы термодинамики и классической статистической физики равновесных систем
ПК.4 способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей	Случайные процессы Письменное контрольное мероприятие	Броуновское движение. Основные принципы описания броуновского движения. Уравнение Ланжевена. Двухвременная корреляционная функция. Решения уравнения Ланжевена. Формулы Эйнштейна для броуновского движения. Функция распределения. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка. Точные решения уравнения Фоккера-Планка.
ПК.4 способность применять теорию и методы математики, физики и информатики для построения качественных и количественных моделей	Кинетические уравнения Письменное контрольное мероприятие	Общее определение случайного процесса. Эргодичность случайного процесса. Марковский случайный процесс. Гауссовский случайный стационарный марковский процесс. Корреляционные и спектральные характеристики случайных процессов. Применение метода спектральных разложений к описанию броуновского движения.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Кинетические уравнения Итоговое контрольное мероприятие	Принцип детального равновесия. Кинетическое уравнение Больцмана. Эффективное сечение рассеяния. Интеграл столкновений. Решение уравнения Больцмана для равновесного состояния. Решения уравнения Больцмана в поле внешних сил. Н-теорема Больцмана. Приближение времени релаксации и его применение к явлениям переноса. Цепочка уравнений Боголюбова. Приближение самосогласованного поля (уравнение Власова). Колебания электронной плазмы. Затухание Ландау.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Броуновское движение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания входного контроля оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 6 заданий.	6

Случайные процессы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - от 1 до 4 баллов в зависимости от сложности задания; неверный ответ - 0 баллов. Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	8

Кинетические уравнения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - от 1 до 4 баллов в зависимости от сложности задания; неверный ответ - 0 баллов. Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	8

Кинетические уравнения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - от 1 до 4 баллов в зависимости от сложности задания; неверный ответ - 0 баллов. Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	8