

Программа учебной дисциплины «Физическая кинетика»

Утверждена
Академическим руководителем ОП
Протокол №2 от 20.08.2019

Автор	И.В.Колоколов
Дата составления	20.08.2019
Число кредитов	3
Контактная работа (час.)	64
Самостоятельная работа (час.)	50
Курс	1
Формат изучения дисциплины	без использования онлайн курса

І. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПЕРЕКВАЗИТЫ

Кинетика изучает процессы, происходящие в неравновесных системах. Кинетические явления более чувствительны к детальному устройству конкретных систем по сравнению с равновесными процессами. Кроме того, имеется огромное число способов вывода системы из равновесия и даже для стационарных (но неравновесных!) состояний не существует аналога распределения Гиббса. Тем не менее, кинетические явления описываются достаточно универсальным способом, так что используемые методы могут быть применимы для широкого круга физических систем. В курсе рассматриваются процессы релаксации физических систем к равновесию при условии, что это равновесие нарушено не слишком сильно. В этом случае удается значительно уменьшить число степеней свободы, необходимое для описания релаксации, в частности использовать в том или ином виде газовое приближение, конечно, с учетом квантовых эффектов. В этом случае для анализа кинетики системы можно использовать кинетическое уравнение. Несколько усложняется анализ кинетики для систем, содержащих такие сугубо квантовые объекты, как двух уровневые системы. В этом случае для описания этих объектов надо использовать уравнения Блоха. Значительно упрощается анализ системы в том случае, когда удается разделить переменные на макроскопические, которые описывают коллективные длинноволновые моды, и микроскопические, которые описывают динамику на микроскопических масштабах. Такой подход ведет к макроскопическим уравнениям типа Ланжевена, где роль мелкомасштабных переменных сводится к случайным короткокоррелированным вкладам в макроскопические уравнения. Все эти явления рассматриваются в настоящем курсе в рамках единого подхода, который связывает между собой микроскопические и макроскопические явления. Таким образом, курс опирается на курс Статистической физики и курс Механики сплошных сред, перебрасывая мост между ними. Курс предназначен для формирования понимания разнообразных динамических эффектов в сплошных средах и навыков их теоретического анализа. Целями освоения дисциплины "Физическая кинетика" являются:

- формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных с использованием современных теоретических концепций в области физики классических и квантовых неравновесных систем;

- развитие умений, основанных на полученных знаниях, позволяющих построить модель неравновесного явления в различных физических ситуациях, сделать оценки для наблюдаемых величин и применить адекватный математический аппарат;
- получение студентами навыков самостоятельной исследовательской работы, предполагающей вывод различных кинетических уравнений вместе с определением области применимости, определение студентами иерархии времен и масштабов применительно к конкретной физической ситуации;
- анализ степени наблюдаемости и контролируемости изучаемых кинетических эффектов.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Статистическая физика
 - Аналитическая механика
 - Квантовая механика
 - Дифференциальные уравнения
- Основные положения дисциплины могут быть использованы в дальнейшем при изучении дисциплин:
- Физика солнечно-земных связей
 - Астрофизика и космология
 - Равновесные и неравновесные конденсированные системы
 - Астрофизика высоких энергий
 - Сверхпроводимость и магнетизм: современные аспекты

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1 Квантовая теория рассеяния в применении к задачам кинетики. Квантовая теория рассеяния: золотое правило Ферми в борновском приближении, модификация для уровней конечной ширины. Двухчастичное рассеяние вне борновского приближения, T-матрица. Точная T-матрица для одномерного рассеяния на несимметричном двух-дельта-функциональном потенциале. Рассеяние на сферической потенциальной яме.

Раздел 2 Основное кинетическое уравнение. Кинетическое уравнение с точным учетом двухчастичного рассеяния для разреженного газа: ограничения в применимости и классический предел в виде уравнения Больцмана.

Раздел 3 Бозоны и фермионы. Формализм вторичного квантования. Представление операторов. Гамильтонианы. Сохраняющиеся частицы. Несохранившиеся квазичастицы: фононы, фотоны.

Раздел 4 Квантовое кинетическое уравнение для квазичастиц: рассеяние на примесях, трех- и четырехчастичные процессы. Транспортные явления: электропроводность и теплопроводность.

Раздел 5 Уравнение Больцмана для смеси тяжелого и легкого газов; аналогичный предел для кинетики квазичастиц двух типов, предел Фоккера-Планка

Раздел 6 Ланжевеновское описание предела Фоккера-Планка. Универсальность языка ланжевеновских шумов для систем с сильно разделенными временными масштабами. Гидродинамический предел в уравнении Фоккера-Планка для броуновского движения.

Раздел 7 Активационные процессы и закон Аррениуса.

Раздел 8 Кинетика фазовых переходов первого рода.

Раздел 9 Классический волновой предел в кинетическом уравнении для бозонов. Волновая турбулентность и её спектры: волны на воде, звук.

Раздел 10 Гидродинамический предел в уравнении Больцмана: транспортные явления и соответствующие кинетические коэффициенты.

Раздел 11 Кинетика плазмы: уравнение Власова, ленгмюровские колебания и затухание Ландау

Раздел 12 Квантовая кинетика двухуровневых систем.

III. ОЦЕНИВАНИЕ

Оценки по всем формам контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Критерии оценки знаний, навыков

Промежуточный (завершающий по дисциплине) контроль знаний осуществляется в формате экзамена.

Итоговый зачёт (экзамен) в устной форме проводится в конце 2 модуля. Экзаменационный билет содержит 2 вопроса по теме курса. Время на подготовку 2 часа, время на ответ билета 20 минут. Зачёт оценивается по 10-балльной шкале.

Формирование оценки:

Итоговая оценка (ИО) по курсу складывается накопительным образом из оценок за работу контрольную работу (ОК) и оценку за экзамен (ОЗ) и равна $ИО=0.5 ОК+0.5 ОЗ$.

Оценки округляются арифметически (при превышении целого числа менее чем на 0.5 балла — в меньшую сторону, при превышении на 0.5 балла и более — в большую). В диплом проставляется итоговая оценка.

IV. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

- Точная T-матрица для одномерного рассеяния на несимметричном двух-дельта-функциональном потенциале.
- Трёхмерное рассеяние на сферическом потенциальном барьере. Сравнение с борновским приближением.

V. РЕСУРСЫ

Рекомендуемая основная литература

- *Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский*, Физическая Кинетика, М., Физматлит, 2002.

Рекомендуемая дополнительная литература

- *И.В. Колоколов, Е.Г. Образовский, Е.В. Подовилов*, Физическая кинетика, МФТИ-НГУ, 2010.
- *V.E. Zakharov, V.S.L'vov, G.E. Falkovich*, Kolmogorov Spectra of Turbulence, Springer, 1998.

Программное обеспечение

№	Наименование	Условия доступа
---	--------------	-----------------

п/п		
1.	Microsoft Windows 7 Professional RUS Microsoft Windows 10 Microsoft Windows 8.1 Professional RUS	Из внутренней сети университета (договор)
2.	Microsoft Office Professional Plus 2010	Из внутренней сети университета (договор)

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

№ п/п	Наименование	Условия доступа
Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы		
1.	Консультант Плюс	Из внутренней сети университета (договор)
2.	Электронная библиотека НИУ ВШЭ	URL: https://library.hse.ru/e-resources
Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)		
1.	Открытое образование	URL: https://openedu.ru/

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для учебных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для самостоятельных занятий оснащены ПЭВМ (операционная система, офисные программы, антивирусные программы), с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.

VI. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1. для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.2. для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.3. для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.