



Правительство Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Национальный исследовательский университет
Высшая школа экономики

Программа дисциплины
«Физическая кинетика»

для направления 03.06.01 Физика и астрономия, профиль «Теоретическая физика»
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Авторы программы: В.И.Юдсон, д.ф.м.н. , e-mail: vyudson@hse.ru

Одобрена на заседании Академического совета аспирантской школы по физике

Москва - 2016

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения разработчика программы.

1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям аспиранта по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» профиля 01.04.02 «Теоретическая физика» и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и аспирантов направления 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.04.02 «Теоретическая физика».

Программа разработана в соответствии с:

Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия»;

Образовательной программой «Физика и астрономия» подготовки аспиранта.

Учебным планом подготовки аспирантов по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», профиль 01.04.02 «Теоретическая физика», утвержденным в 2016 г.

2. Цели освоения дисциплины:

- получение фундаментальных знаний в области теории конденсированного состояния
- углубление представлений о физике неравновесных процессов в конденсированных средах
- ознакомление с современными методами теории классических и квантовых неравновесных систем
- овладение практическими навыками применения теории к неравновесным проблемам физики конденсированных сред.

Кроме того, освоение дисциплины должно способствовать формированию профессиональных компетенций, определяемых профилем программы аспирантуры.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

- Знать основные принципы теории неравновесных процессов в конденсированных средах
- Овладеть современными методами теории неравновесных процессов классических и квантовых систем
- Уметь применять методы теории к решению неравновесных проблем физики конденсированных сред.

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие компетенции:

Компетенция (указываются в соответствии с ОС НИУ ВШЭ)	Код по ОС НИУ ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач,	УК-1	Демонстрирует способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.

в том числе в междисциплинарных областях		в междисциплинарных областях	
Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	УК-3	Демонстрирует готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.	УК-4	Демонстрирует готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность выполнять теоретические исследования в области физической кинетики конденсированных сред.	ПК-1	Демонстрирует способность выполнять теоретические исследования в области физической кинетики конденсированных сред.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области теоретической физики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.	ОПК-1	Демонстрирует способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области теоретической физики с использованием современных методов физических исследований и информационно-коммуникационных технологий.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.
Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности.	ОПК-2	Демонстрирует способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности.	Лекционные занятия. Самостоятельная работа по изучению литературы и источников.

4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к дисциплинам вариативной части, обязательной для профиля «Теоретическая физика».

Изучение данной дисциплины базируется на следующих базовых дисциплинах:

- Теоретическая физика

5. Тематический план учебной дисциплины

№	Название темы	Всего	Аудиторные часы	Самостоятельная
---	---------------	-------	-----------------	-----------------

		часов	Лекции	Семинары	Практические занятия	работа
1	Основы функциональной техники Келдыша (для бозонов)	18	4			14
2	Кинетика частицы в контакте с окружением, диссипация и шум	22	6			16
3	Кинетика систем взаимодействующих бозонов	24	8			16
4	Основы функциональной техники Келдыша для фермионов	20	4			16
5	Техника Келдыша в задачах квантового транспорта	24	8			16
	Итого	108	30			78

6. Формы контроля знаний аспирантов

Тип контроля	Форма контроля	Полугодие	Параметры
		1	
Текущий	<i>Домашнее задание</i>		Задачи по материалу лекции, выдаваемые студентам на дом в конце лекции. Обсуждение этих задач в начале следующей лекции.
Итоговый по дисциплине	<i>Экзамен</i>		Беседа с преподавателем (всего 1,5-2 часа)

6.1 Критерии оценки знаний, навыков

Текущий контроль: за все домашние задания выставляется одна общая оценка по 10-ти балльной шкале, равная доле правильно решенных задач, умноженной на 10.

Экзамен оценивается по 10-ти балльной шкале и состоит из пяти теоретических вопросов. На каждый вопрос дается десять-пятнадцать минут на подготовку. Студент в очной беседе с преподавателем отвечает на вопросы. Оценка, выставляемая за экзамен, равна количеству правильных ответов, умноженному на два. Время, отводимое на экзамен, — 1½ часа.

6.2 Порядок формирования оценок по дисциплине

Оценка за курс является средним арифметическим оценки текущего контроля и оценки за экзамен.

7. Содержание дисциплины

Раздел 1. Основы функциональной техники Келдыша (для бозонов)

Выражение среднего значения физического оператора через операторы эволюции вдоль замкнутого временного контура. Представление оператора эволюции в виде функционального интеграла по комплексным полям. Нормировка и регуляризация при переходе к континуальному описанию. Введение "классических" и "квантовых" переменных на временной оси, структура возникающего действия Келдыша. Гриновские функции в представлении Келдыша. Внешние источники и производящий функционал.

Раздел 2. Кинетика частицы в контакте с окружением, диссипация и шум

Действие Келдыша для квантовой частицы, взаимодействующей с бозонным термостатом. Интегрирование по переменным термостата, эффективное действие Келдыша для частицы. Сравнение с действием Калдейры и Леггета в технике Мацубары. Омический термостат, диссипативные члены в эффективном действии для частицы, трение и шум. Квазиклассическая траектория и уравнение Ланжевена. Классические стохастические системы, уравнения Ланжевена, Фоккера-Планка и теоретико-полевые методы их анализа. Задача Крамерса. Случайные блуждания в неупорядоченной среде.

Раздел 3. Кинетика систем взаимодействующих бозонов

Структура члена взаимодействия в действии Келдыша. Диаграммная техника, формальное разложение по параметру взаимодействия, сокращение "вакуумных" диаграмм. Собственно-энергетическая матрица и уравнение Дайсона. Кинетическое уравнение и интеграл столкновений. Представление Вигнера и кинетическое уравнение для слабо-неоднородных систем. Введение в кинетику систем с Бозе конденсатом. Уравнение Гросса-Питаевского и кинетика надконденсатных частиц.

Раздел 4. Основы функциональной техники Келдыша для фермионов

Переход от действия для грассмановых полей на замкнутом временном контуре к действию Келдыша на временной оси. Внешние источники. Матричная структура поляризационного оператора для свободных фермионов. Взаимодействующие фермионные системы. Уравнение Дайсона. Кинетическое уравнение и интеграл столкновений.

Раздел 5. Техника Келдыша в задачах квантового транспорта

Прохождение электронов через многоканальный квантовый точечный контакт. Производящий функционал с действием Келдыша. Многоканальная формула Ландауэра для среднего тока. Спектральная плотность дробового шума. Статистика отсчетов. Адиабатическая накачка. Транспорт в системах со спиновыми степенями свободы.

8. Образовательные технологии

На лекции обсуждаются ключевые понятия и технические выкладки разбираемой темы, даются необходимые определения, разбираются поучительные примеры. Аспирантам на дом даются задачи для самостоятельного разбора, содержащие как упражнения для усвоения пройденного материала, так и нестандартные задачи, позволяющие проверить уровень общего понимания предмета и требующие изучения дополнительного материала. Некоторые задачи предваряют (продолжают) тематику лекций.

9. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1 Тематика заданий текущего контроля

Примеры задач домашнего задания :

1. Показать, что матрица собственно-энергетической вставки в келдышевскую функцию Грина наследует матричную структуру обратной гриновской функции свободного действия.
2. Вывести точную формулу для преобразования Вигнера от свертки функций.
3. Вывести уравнения ренормгруппы эффективной теории поля для броуновской частицы в случайном статическом поле сил.

9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примеры вопросов к экзамену:

1. Структура поправки к свободному действию Келдыша для фермионов, обусловленная электрон-фононным взаимодействием. Описать соответствующие диаграммы и собственно-энергетическую матрицу во втором порядке по взаимодействию.
2. Вывести преобразование Вигнера для простого произведения двух функций.
3. Условия применимости квазиклассического кинетического описания квантовой системы.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. “Теоретическая физика”, том IX / Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. “Статистическая физика”, часть 2; 4 изд. - М.: Физматгиз 2004.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., “Теоретическая физика”, том X / Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. “Физическая кинетика”, 2 изд. - М.: Физматгиз 2007.
3. Kamenev A. “Field Theory of Non-Equilibrium Systems”; Cambridge University Press, 2011.
4. Rammer J. “Quantum Field Theory of Non-Equilibrium States”; Cambridge University Press, 2007.

Дополнительная литература:

1. Келдыш Л.В., ЖЭТФ 47, 1515 (1964).
2. Caldeira A.O., Leggett A.J., Annals of Physics (NY) 149, 374 (1983).
3. Negele J.W., Orland H., “Quantum Many-Particle Systems”, Addison-Wesley, 1988.
4. Имри Й., “Введение в мезоскопическую физику”, М.: Физматгиз 2004.

Программные средства

При решении некоторых задач нужно умение пользоваться программой «Математика».

11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций не используется специальное оборудование, кроме ноутбука и, возможно, компьютерного проектора.