МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет
Кафедра теоретической физики



Рабочая программа дисциплины

ФИЗИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

Направление подготовки **03.04.01 Прикладные математика и физика**

Направленность (профиль): **все профили подготовки**

Форма обучения **Очная**

Семестр	**Общий объём**	**Виды учебных занятий (в часах)**				**Промежуточная аттестация (в часах)**				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	144	32	32		58	18	2			2
Всего 144 часа / 4 зачётные единицы, из них: - контактная работа 68 часов										
Компетенции: ОПК-1(03.04.02 Физика, 03.04.01 Прикладные математика и физика)										

Руководитель программы,
д.ф.-м.н. И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2026

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы. 3

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу. 5

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий 5

5. Перечень учебной литературы. 7

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. 8

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. 8

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. 8

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. 9

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. 9

1. **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Дисциплина «Физическая кинетика» представляет собой курс теории неравновесных процессов, предназначенный для обучения студентов-физиков, специализирующихся в различных областях теоретической и экспериментальной физики.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с основными методами анализа неравновесных систем и обучение решению задач, возникающие в разных областях классической и квантовой физики.

Основные разделы курса:
1) кинетика коллективных возбуждений (волн) в классических системах;
2) уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка;
3) кинетика фазовых переходов;
4) методы квантовой теории для описания реакционной кинетики;
5) матрица плотности, релаксация квантовых систем.

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области кинетики неравновесных процессов в различных областях физики. Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе и планах дальнейших работ в институтах, в которых студенты планируют проходить научную практику. Материал курса увязывается с общефизическими и математическими дисциплинами, изучаемыми студентами-физиками (классическая и квантовая механика, электродинамика, гидродинамика, статистическая физика, математический анализ, высшая алгебра, уравнения математической физики и т.д.) и спецкурсами, параллельно изучающимися по выбранной специальности.
Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося общепрофессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. (03.04.02 Физика) Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.	**ОПК - 1.1.** Применяет фундаментальные и прикладные знания, новейшие достижения в области физико-математических и естественных наук для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности. **ОПК - 1.2.** Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных задач при проведении научных ра-	**Знать** методы, способы постановки и решения задач исследования неравновесных свойств классических и квантовых систем с помощью кинетического уравнения Больцмана, уравнений Ланжевена и Фоккера-Планка и уравнения Паули; базовые разделы физической кинетики, основные уравнения, описывающие кинетику коллективных возбуждений, кинетику систем с сильно различающимися временными и пространственными масштабами и квантовых систем, основные принципы описания неравновесных классических и квантовых систем, основные уравнения, описывающие эволюцию функций распределения — уравнение Больцмана, уравнение Фоккера-Планка, основное кинетическое уравнение, уравнение для матрицы плотности.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
	бот, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	**Уметь** находить потоковые решения для звуковых волн и волн на поверхности воды, качественно объяснять явление обратного каскада в двумерной турбулентности; решать кинетические уравнения для простых квантовых и классических неравновесных систем, находить кинетические коэффициенты, делать качественные оценки характерных величин рассматриваемых физических эффектов, решать задачи из приложенных заданий. **Владеть** методами квантовой теории описания реакционной кинетики; методами качественного анализа кинетических уравнений.
ОПК-1. (03.04.01 Прикладные математика и физика) Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.	**ОПК - 1.1.** Применяет фундаментальные и прикладные знания, новейшие достижения в области физико-математических и естественных наук для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности. **ОПК - 1.2.** Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физическая кинетика» изучается в осеннем семестре студентами первого и второго курса магистратуры физического факультета, обучающимися по направлению подготовки **03.04.02 Физика**, **03.04.01 Прикладные математика и физика**. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой теоретической физики. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как классическая и квантовая механика, электродинамика, гидродинамика, термодинамика и статистическая физика, а также по математике (дифференциальное и интегральное исчисления, уравнения математической физики и др.). Он должен предшествовать выполнению квалификационной работы магистранта по данной специализации, т.к. дает ему необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований в рамках подготовки квалификационной работы.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Трудоемкость дисциплины – 4 з.е. (144 ч)
Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – экзамен

4. Таблица 3.1

№	Вид деятельности	Семестр
		1
1	Лекции, ч	32
2	Практические занятия, ч	32
3	Лабораторные занятия, ч	
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	68
5	из них аудиторных занятий, ч	64
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, час.	2
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, час.	76
10	Всего, ч	144

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий

Лекции (32 ч) Таблица 4.1

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Раздел 1. Кинетика волн в классических системах	
Классические волны в сплошных средах. Гамильтонов формализм для нелинейных волн. Вывод кинетического уравнения. Квантовое кинетическое уравнение. Классический подход. Малое отклонение от теплового равновесия. Н-теорема и тепловое равновесие. Затухание звука. Потоки и колмогоровские спектры. Стационарное решение кинетического уравнения. Сшивка с накачкой. Сходимость интеграла столкновений. Колмогоровский спектр в гидродинамической турбулентности. Соотношение Колмогорова «4/5». Обратный каскад энергии в двумерной турбулентности. Контрольная работа на семинаре.	10
Раздел 2. Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка	
Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка. Вывод уравнения Фоккера-Планка. Гидродинамический предел уравнения Фоккера-Планка.	4
Раздел 3. Кинетика фазовых переходов	
Кинетика фазовых переходов 1-го рода. Теория Зельдовича. Качественные результаты теории Лифшица-Слёзова. Непосредственное взаимодействие зародышей. Кинетика свободной коагуляции. Кинетика фазовых переходов 2-го рода. Флуктуационно-диссипативная теорема. Скорость роста зародыша новой фазы. Затухание звука вблизи критической точки.	6

Раздел 4. Методы квантовой теории для описания реакционной кинетики	
Влияние флуктуаций на кинетику реакция. Формализм вторичного квантования для классических систем. Диффузионно-контролируемые реакции.	8
Раздел 5. Матрица плотности. Релаксация квантовых систем	
Матрица плотности. Формализм матрицы плотности. Представление взаимодействия. Релаксация квантовых систем. Уравнение релаксации. Линейный отклик системы. Формула Кубо. Квантовые поправки к проводимости.	4

Практические занятия (32 ч) Таблица 4.2

Содержание практического занятия	Объем, час
Занятие 1. Нелинейные волны на поверхности воды	
Найти гамильтониан трехволнового взаимодействия капиллярных волн на «глубокой» и «мелкой» воде.	2
Занятие 2. Нелинейные спиновые волны.	
Найти гамильтониан трехволнового диполь-дипольного взаимодействия.	2
Занятие 3. Затухание спиновых волн.	
Найти затухание длинных спиновых волн за счет взаимодействия с тепловыми магнонами. Найти затухание спиновых волн вблизи порога распада.	2
Занятие 4. Колмогоровские спектры волновой турбулентности.	
Найти колмогоровские стационарные спектры для поверхностных капиллярных волн на глубокой и мелкой воде, спиновых волн, звуковых волн.	2
Занятие 5. Уравнение Ланжевена для полимерной цепи.	
Найти корреляционную функцию расстояния между концами цепи. Найти функцию распределения по размерам полимера, помещенного в случайный поток.	2
Занятие 6. Замедление нейтронов в тяжелых средах.	
Найти стационарное пространственное распределение в зависимости от энергии для точечного источника моноэнергетических нейтронов.	2
Занятие 7. Уравнение Смолуховского для полярных жидкостей.	
Найти диэлектрическую проницаемость полярной жидкости и декремент затухания электромагнитных волн.	2
Занятие 8. Эволюция шарового скопления звезд.	
Используя теорему вириала, оценить скорость испарения звезд из шарового скопления и эволюцию параметров (размера, числа звезд) скопления.	2
Занятие 9	
Контрольная работа №1.	2

Занятие 10. Теория чайника	
Найти изменение температуры перегретой жидкости в невесомости. Найти стационарную функцию распределения пузырьков по размеру в перегретой жидкости в поле тяжести.	2
Занятие 11. Модель Глаубера	
Найти среднее значение спина, взаимодействующего с термостатом. Найти среднее значение спина в модели Изинга в приближении среднего поля.	2
Занятие 12. Распад метастабильной фазы.	
Найти скорость движения границы доменной стенки в ферромагнетике во внешнем магнитном поле.	2
Занятие 13. Квантовые методы описания реакционной кинетики.	
Описать кинетику образования радиоактивных ядер за счет захвата нейтронов.	2
Занятие 14. Найти флуктуации числа нейтронов в цепной ядерной реакции деления.	
Найти скорость двухчастичной аннигиляции.	4
Занятие 15. Описание магнитного резонанса методом матрицы плотности.	
Описать прецессию электрона, находящегося в частично поляризованном состоянии, во внешнем магнитном поле. Рассмотреть поведение электрона в магнитном поле $B=B_0+B_1(t)$, где постоянное поле направлено по оси z, а переменное — по оси x. Учесть взаимодействие спина с тепловыми колебаниями решетки.	2
Занятие 16. Контрольная работа №2	2

Самостоятельная работа студентов (58 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям	20
Подготовка к контрольным работам	10
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	10
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Колоколов И.В., Образовский Е.Г., Подивилов Е.В. Физическая кинетика: учебное пособие: [для магистрантов 5 курса Физ. фак. НГУ]. — М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Моск. физ.-техн. ин-т. — 3-е изд., испр. и доп. — Новосибирск; Москва: Редакционно-издательский центр НГУ, 2012. — 227 с.: ил. — ISBN 978-5-4437-0105-9.

2. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. — Москва: Наука, 1979. — 527 с.: граф. — (Теоретическая физика, т. X).
3. Образовский Е.Г. Кинетика полимеров: учебное пособие: [для студентов физических и химических специальностей вузов]. — М-во науки и высшего образования РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. теорет. физики. — Новосибирск: Издательско-полиграфический центр НГУ, 2019. — 209 с.: ил. — ISBN 978-5-4437-0969-7.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. Колоколов И.В., Образовский Е.Г., Подивилов Е.В. Физическая кинетика: учебное пособие: [для магистрантов 5 курса Физ. фак. НГУ]. — М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Моск. физ.-техн. ин-т. — 3-е изд., испр. и доп. — Новосибирск; Москва: Редакционно-издательский центр НГУ, 2012. — 227 с.: ил. — ISBN 978-5-4437-0105-9.
2. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Физическая кинетика. — Москва: Наука, 1979. — 527 с.: граф. — (Теоретическая физика, т. X).
3. Образовский Е.Г. Кинетика полимеров: учебное пособие: [для студентов физических и химических специальностей вузов]. — М-во науки и высшего образования РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак., Каф. теорет. физики. — Новосибирск: Издательско-полиграфический центр НГУ, 2019. — 209 с.: ил. — ISBN 978-5-4437-0969-7.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:
- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

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

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Физическая кинетика» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем занятии. Студентам необходимо успешно выполнить две контрольные работы.

Промежуточная аттестация.

Освоение компетенции оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области физической кинетики в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда компетенция освоена не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК-1	**ОПК - 1.1.** Применяет фундаментальные и прикладные знания, новейшие достижения в области физико-математических и естественных наук для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	**Знать** методы, способы постановки и решения задач исследования неравновесных свойств классических и квантовых систем с помощью кинетического уравнения Больцмана, уравнений Ланжевена и Фоккера-Планка и уравнения Паули; базовые разделы физической кинетики, основные уравнения, описывающие кинетику коллективных возбуждений, кинетику систем с сильно различающимися временными и пространственными масштабами и квантовых систем, основные принципы описания неравновесных классических и квантовых систем, основные уравнения, описывающие эволюцию функций распределения — уравнение Больцмана, уравнение Фоккера-Планка, основное кинетическое уравнение, уравнение для матрицы плотности.	Проведение контрольных работ, экзамен.
	ОПК - 1.2. Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных задач при проведении научных работ, аналитических и (или) проектных исследований в избранной области профессиональной деятельности.	**Уметь** находить потоковые решения для звуковых волн и волн на поверхности воды, качественно объяснять явление обратного каскада в двумерной турбулентности; решать кинетические уравнения для простых квантовых и классических неравновесных систем, находить кинетические коэффициенты, делать качественные оценки характерных величин рассматриваемых физических эффектов, решать задачи из приложенных заданий. **Владеть** методами квантовой теории описания реакционной кинетики; методами качественного анализа кинетических уравнений.	Проведение контрольных работ, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Физическая кинетика».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
Решение заданий: – задание решено правильно, – работа оформлена аккуратно, четкие рисунки и чертежи, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, – точность и корректность применения терминов и понятий. «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. В ответах на вопросы преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности. **Экзамен:** – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явлений, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.	*Отлично*
Решение заданий: – задание решено правильно, – работа оформлена аккуратно, четкие рисунки и чертежи, – осмысленность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок. «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. Отвечает на дополнительные вопросы. В ответах на вопросы преподавателя обучающийся мог допустить непринципиальные неточности. **Экзамен:**	*Хорошо*

– самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок.	
Решение заданий: – задание решено правильно, - работа оформлена неаккуратно – неосознанность и неосновательность выбранных методов анализа, – нет осмысленности в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, – корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок. «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. При ответах на вопросы допускает ошибки **Экзамен:** – теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплен ссылками на научную литературу и источники, – частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей, – самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений, – корректность применения терминов и понятий, при наличии незначительных ошибок, – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.	*Удовлетворительно*
Решение заданий: – задание решено неправильно, – компилятивное, неосмысленное, нелогичное и неаргументированное изложение материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, «Сдать задачу» означает объяснение хода её решения и, при необходимости, ответы на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины. На дополнительные вопросы не отвечает. **Экзамен:** – фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкрепленное ссылками на научную литературу и источники, – непонимание причинно-следственных связей, – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы.	*Неудовлетворительно*

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Контрольная работа №1

1. Показать, что кинетическое уравнение для трехволнового взаимодействия обеспечивает закон сохранения полной энергии.
2. Колмогоровские спектры для волн на поверхности воды – спектры Захарова-Филоненко и Каца-Конторовича.
3. Затухание спиновых волн при взаимодействии с тепловыми магнонами вблизи порога распада.
4. Найти колмогоровский стационарный спектр для поверхностных волн на «мелкой» воде.
5. Найти колмогоровский стационарный спектр для поверхностных волн на «глубокой» воде.
6. В газе частиц массой m находится небольшая примесь газа частиц массой $M >> m$. Газы находятся в равновесии при температуре T, длина свободного пробега тяжелых частиц l. Найти (по порядку величины) связь коэффициентов диффузии в координатном и импульсном пространствах тяжелых частиц.
7. Найти с помощью уравнения Смолуховского диэлектрическую проницаемость для полярной жидкости.

Пример варианта контрольной работы

1. В среде возбуждаются два типа волн с законами дисперсии $\omega(\mathbf{k})$ и $\Omega(\mathbf{q})$. Кинетическое уравнение для числа волн $n(\mathbf{q}) = \langle b^*_{\mathbf{q}} b_{\mathbf{q}} \rangle$ принимает вид

$$dn(\mathbf{q})/dt = \pi \sum_{\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2} |V_{\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \mathbf{q}}|^2 \Delta(\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2 - \mathbf{q}) \delta(\omega(\mathbf{k}_1) - \omega(\mathbf{k}_2) - \Omega(\mathbf{q})) \times$$

$$\times [N_{\mathbf{k}_1}(n(\mathbf{q}) + N_{\mathbf{k}_2}) - N_{\mathbf{k}_1} n(\mathbf{q})].$$

Найти равновесный тепловой спектр для $N_0(\mathbf{k})$ и $n_0(\mathbf{q})$.

2. Фотоны с энергией ε рассеиваются на электроном газе с температурой T. Оценить коэффициент диффузии фотонов по энергии в случае $\varepsilon << T << m_e c^2$.

3. Найти среднеквадратичное смещение $\langle \mathbf{r}^2 \rangle$ броуновской частицы за время t. Уравнение движения имеет вид

$$d\,\mathbf{p}/dt = \mathbf{f}(t),$$

где $\mathbf{f}$ – случайная сила с гауссовой статистикой: $\langle f_i(t) \rangle = 0$,

$\langle f_i(t)\, f_j(t') \rangle = \delta_{ij} \delta(t - t')$. Начальные условия: $\mathbf{p}(t=0) = 0$, $\mathbf{r}(t=0) = 0$.

Контрольная работа №2

1. В ферромагнетике в начальный момент времени имелось отклонение от равновесного значения намагниченности вида $\delta M(x, 0) = \delta M_0 \exp(-|x|/l)$. Найти, как будет меняться со временем намагниченность, ограничившись квадратичным приближением для свободной энергии.
2. Кинетика кипения жидкости в невесомости.
3. Определить декремент затухания электромагнитной волны в полярной среде.
4. В начальный момент времени было n_0 радиоактивных ядер, распадающихся с постоянной λ (вероятность распада одного ядра в единицу времени). Написать кинетическое уравнение для вероятности $P(n, t)$ найти n радиоактивных ядер в момент времени t. Найти среднеквадратичные флуктуации числа радиоактивных ядер.
5. Показать, что уравнение Паули $dp_n/dt = \Sigma_m W_{mn} p_m - p_n \Sigma_m W_{nm}$ сохраняет нормировку $\Sigma_m p_m = 1$ и приводит к возрастанию энтропии $S = -\Sigma_m p_m \ln(p_m)$.
6. Найти температурную зависимость характерного времени неупругих столкновений электронов друг с другом.

Примеры вопросов на экзамен

Тема №1 «Кинетика волн в классических системах»

1.1. Классические волны в сплошных средах. Гамильтониан трехволнового взаимодействия.
1.2. Кинетическое уравнение для трехволнового взаимодействия. Термодинамическое равновесие и H-теорема.
1.3. Затухание волн в термостате. Оценка затухания звука в трех измерениях.
1.4. Масштабная инвариантность в кинетическом уравнении и колмогоровские спектры на примере звуковых волн.

Тема №2 «Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка»

2.1. Уравнение Ланжевена для броуновской частицы.
2.2. Системы с разделяющимися масштабами и уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка.
2.3. Гидродинамический предел уравнения Фоккера-Планка.
2.4. Теория Крамерса.
2.5. Полимерная цепь в случайном потоке.
2.6. Замедление нейтронов в тяжелых средах.

Тема №3 «Кинетика фазовых переходов»

3.1. Кинетика фазовых переходов первого рода. Теория Зельдовича.
3.2. Кинетика фазовых переходов первого рода. Теория Лифшица-Слёзова.
3.3. Кинетика кипения жидкости в поле тяжести.
3.4. Кинетика фазовых переходов второго рода. Модель Глаубера.
3.5. Флуктуационно-диссипационная теорема для модели Изинга.
3.6. Распад метастабильной фазы.

Тема №4 «Методы квантовой теории описания реакционной кинетики»

4.1. Кинетическое описание реакций в классических системах с использованием методов квантовой теории на примере реакции аннигиляции.
4.2. Кинетическое уравнение для реакции активации и распада.
4.3. Флуктуации в реакции деления.

Тема №5 «Матрица плотности. Релаксация квантовых систем»

5.1. Описание релаксации двухуровневой системы методом матрицы плотности.
5.2. Уравнение Паули.
5.3. Вывод уравнений Блоха.
5.4. Квантовые поправки к проводимости.
5.5. Релаксация двухуровневой квантовой системы к тепловому равновесию.

Пример экзаменационного билета

1. Переход от кинетического описания к гидродинамическому.
2. Уравнения Блоха.
3. Найти колмогоровский стационарный спектр для поверхностных волн на «глубокой» воде

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям стандартов, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.