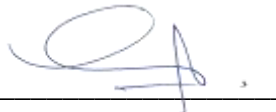


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова в городе Сарове

«УТВЕРЖДАЮ»



**Директор филиала МГУ в г.Сарове
Член-корреспондент РАН В.В. Воеводин**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Физическая кинетика

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Теоретическая физика

Квалификация «Магистр»

Форма обучения: Очная

Саров 2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика в редакции приказа по МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

Доцент Пронин Петр Иванович

Научный сотрудник Никитин Владимир Валерьевич

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Является дисциплиной по выбору

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Владение методами термодинамики и статистической физики в рамках программы физического факультета

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<ul style="list-style-type: none">Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений в области теоретической физики в своей научно-исследовательской деятельности (СПК-1).	ЗНАТЬ основные законы и направления современных научных исследований в области теоретической физики. УМЕТЬ на основе фундаментальных знаний в области теоретической физики, определять возможные направления научных исследований. ВЛАДЕТЬ необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования области теоретической физики.
<ul style="list-style-type: none">Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий (СПК-2).	ЗНАТЬ базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании. УМЕТЬ используя знания в области теоретической физики проводить научные исследования. ВЛАДЕТЬ навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов.
<ul style="list-style-type: none">Способность определять основные направления внедрения	ЗНАТЬ основные направления инновационного развития в области теоретической физики.

<p>научных результатов в области теоретической физики (СПК-3).</p>	<p>УМЕТЬ проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области теоретической физики для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов.</p> <p>ВЛАДЕТЬ методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области теоретической физики.</p>
--	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
1. Математические основы теории случайных процессов. Функции распределения. Задача Маркова. Гауссовское распределение. Квантовая теорема Лиувилля.	2	2	4		
2. Стохастические процессы. Уравнение Чепмена-Колмогорова. Уравнение Фоккера-Планка.	3	3	4		
3. Уравнение Больцмана. H-теорема Больцмана. Кинетическое уравнение Паули.	3	3	6		Опрос
4. Цепочка уравнений Боголюбова. Приближение времени релаксации	2	2	4		—
5. Колебания плазмы. Уравнение Власова. Бесстолкновительная плазма. Затухание Ландау.	2	2	4		
6. Основы кинетики газовых смесей. Принцип Онсагера. Основные элементы магнитной гидродинамики.	3	3	8		Коллоквиум
7. Элементы теории переноса. Сечения ядерных процессов и их связь с макроскопическими характеристиками. Уравнения переносов пучков частиц в активной среде	2	2	4		
Другие виды самостоятельной работы (при наличии):	—	—			
Промежуточная аттестация (зачет(ы) и (или) экзамен(ы))			4		Экзамены
Итого	17	17	38	72	—

* Примеры форм текущего контроля успеваемости:
опрос; тестирование; контрольная работа; коллоквиум; реферат и и.д.

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Математические основы теории случайных процессов. Функции распределения. Задача Маркова. Гауссовское распределение. Квантовая теорема Лиувилля.	Случайные процессы. Марковские цепи. Функции распределения. Марковские цепи и процессы. Численные алгоритмы Монте-Карло. Уравнение Эйнштейна-Колмогорова. Классическая и квантовая теоремы Лиувилля. Условия наступления полного и локального равновесия. Броуновское движение. Корреляторы, Средние смещения в классическом и квантовом пределе.
2.	Стохастические процессы. Уравнение Чепмена-Колмогорова. Уравнение Фоккера-Планка.	Теория случайных (стохастических) процессов. Совместная плотность вероятности. Марковский процесс. Вывод плотности вероятности перехода – уравнение Смолуховского. Уравнение гайссовского процесса. Суперпозиция процессов диффузии и трения. Уравнение Фоккера-Планка
3	Уравнение Больцмана. Н-теорема Больцмана. Кинетическое уравнение Паули.	Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Модель Хольцмарка. Одночастичные функции распределения. Уравнение Больцмана. Неубывание энтропии при эволюции системы. Н-теорема Больцмана. Законы сохранения и потоки энергии и энтропии. Уравнения газодинамики. Рост энтропии за счет столкновений. Эволюция частиц в «размножающейся» системе.
4	Цепочка уравнений Боголюбова. Приближение времени релаксации	Уравнения газодинамики. Механизмы столкновения частиц с «зародышевыми» центрами в среде на примере столкновения электронов с ионами в плазме. Цепочка уравнений Боголюбова.
5	Колебания плазмы. Уравнение Власова. Бесстолкновительная плазма. Затухание Ландау.	Бесстолкновительная плазма. Электронная плазма в металле. Затухание Ландау. Ленгмюровские колебания в плазме. Теплопроводность электронного газа в металле. Спектр плазмонов. Уравнение Власова.
6	Основы кинетики газовых смесей. Принцип Онсагера. Основные элементы магнитной гидродинамики.	Кинетика газов и жидкости. Свойства интеграла столкновений. Равновесное и локально-равновесное распределения. Теплопроводность и вязкость. Уравнения газодинамики с учетом вязкости. Коэффициенты диффузии и самодиффузии
7	Элементы теории переноса. Сечения ядерных процессов и их связь с макроскопическими характеристиками. Уравнения переносов пучков частиц в активной среде	Изучение прохождения сквозь среду потока активно взаимодействующих с ней частиц (например нейтронов). Построение односкоростной модели и вывод уравнения баланса числа частиц. Описание процесса переноса в среде без поглощения и в среде с поглощением. Вывод и анализ уравнения переноса пучков нейтронов.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

- Домашние задания
- Коллоквиумы
- Экзамен

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Рассмотреть схему последовательных испытаний с вероятностью успеха в одном испытании p .
2. Найти дифференциальное уравнение, которому удовлетворяет распределение Гаусса

3. Проверить, что плотность вероятности перехода для Гауссовского распределения удовлетворяет условию нормируемости на единицу.
4. Рассмотреть распределение Коши
5. Получить результат Эйнштейна для среднеквадратичного отклонения, если положение частицы описывается свободным одномерным уравнением Фоккера-Планка.
6. Найти решение уравнения Фоккера-Планка в поле силы тяжести, если в начальный момент $t=0$ частица находилась в точке $x=0$
7. Используя уравнение Больцмана, показать, что в отсутствие внешнего поля распределение частиц бесстолкновительного газа по скоростям неизменно во времени.
8. Показать, что для системы с заданными энергией и температурой N -функция Больцмана достигает своего минимума при гиббсовском распределении
9. Получить основное кинетическое уравнение Паули
10. Найти среднеквадратичное отклонение броуновской частицы, исходя из уравнения Ланжевена.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Рассмотреть схему последовательных испытаний с вероятностью успеха в одном испытании p .
2. Найти дифференциальное уравнение, которому удовлетворяет распределение Гаусса
3. Проверить, что плотность вероятности перехода для Гауссовского распределения удовлетворяет условию нормируемости на единицу.
4. Рассмотреть распределение Коши
5. Получить результат Эйнштейна для среднеквадратичного отклонения, если положение частицы описывается свободным одномерным уравнением Фоккера-Планка.
6. Найти решение уравнения Фоккера-Планка в поле силы тяжести, если в начальный момент $t=0$ частица находилась в точке $x=0$
7. Используя уравнение Больцмана, показать, что в отсутствие внешнего поля распределение частиц бесстолкновительного газа по скоростям неизменно во времени.
8. Показать, что для системы с заданными энергией и температурой N -функция Больцмана достигает своего минимума при гиббсовском распределении
9. Получить основное кинетическое уравнение Паули
10. Найти среднеквадратичное отклонение броуновской частицы, исходя из уравнения Ланжевена.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П., «Физическая кинетика» – Москва: Наука, 1979.

Власов А.А. «Функции распределения»

Квасников И.А. «Термодинамика и статистическая физика. Т. 3. Теория неравновесных систем»- Изд-во МГУ, Москва, 1987.

Балеску Р. «Равновесная и неравновесная статистическая физика». Т.2 – Москва, Мир, 1978

Смелов В.В. «Лекции по теории переноса нейтронов» - Москва, Атомиздат, 1978

Биккин Х.М., Ляпилин И.И. «Неравновесная термодинамика и физическая кинетика, Екатеринбург, 2009

Петруччионе Ф., Бройер Х.П. «Теория открытых квантовых систем.- Москва_Ижевск, 2010

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

<https://arxiv.org/>

<https://www.ligo.caltech.edu/page/recommended-reading>

Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства
При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support 4 шт. №5540331
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard 1 шт. №5540332
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64 16 шт.
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64 14шт.
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64 7 шт.
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrainsPyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrainsCLion Community Edition Free Educational Licenses
12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit)Oracle Corporation
14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продуктCodeBlocksThe Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit)Python Software Foundation
20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продуктHaskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Educationакадемическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft ProjectProfessional 2013 академическая лицензия

25. Программный продукт Microsoft VisioProfessional 2013 академическая лицензия
26. Программный продукт Microsoft VisualStudioProfessional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем (подлежит обновлению при необходимости)

<http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ

<http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»

<http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования

<http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации

<http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика». Занятия проводятся в лекционных аудиториях, оборудованных компьютерами и мультимедиа-проекторами.

Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.