

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Филиал МГУ в г.Сарове

«УТВЕРЖДАЮ»



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Кинетика переноса частиц и излучений

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.

Автор программы: академик РАН Незнамов В.П. ВНИИЭФ

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: **Кинетика переноса частиц и излучения**

2. Аннотация: Излагаются основы кинетической теории неоднородных газов. Рассматриваются система кинетических уравнений Больцмана, методы Гильберта и Энскога-Чепмена её асимптотического решения, скорректированный метод асимптотического решения системы кинетических уравнений Больцмана. Показывается принципиальная невозможность описания развитой турбулентности с помощью системы газодинамических уравнений второго порядка теории Энскога-Чепмена и необходимость её замены системой уравнений многокомпонентной неравновесной газовой динамики. Излагается кинетическая теория распространения излучения, используемые в расчётах распространения излучения приближения: кинетическое приближение, диффузионное приближение, приближение лучистой теплопроводности. Рассматривается асимптотическое решение кинетического уравнения распространения излучения для случая оптически-толстой нерассеивающей среды и асимптотическое приближение для расчётов распространения излучения. Сжато рассматриваются модели и методы расчёта кинетических коэффициентов вязкости, диффузии и теплопроводности для неоднородных (разреженных) газов, модели и программы расчёта пробега частиц и излучения в веществах.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся (указывается согласно рабочему плану):

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 час занятия лекционного типа, 2 часов занятия семинарского типа, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Курс по выбору читается в 3м семестре.

4. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: владение основами курсов «Механика», «Статистическая физика» (основные принципы статистики, термодинамические величины).

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
--------------------------------	---

(код компетенции)	
<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). 	<p>ЗНАТЬ основные законы и направления современных научных исследований в области теоретической физики</p> <p>УМЕТЬ на основе фундаментальных знаний в области теоретической физики, определять возможные направления научных исследований.</p> <p>ВЛАДЕТЬ необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования области теоретической физики.</p>
<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). 	<p>ЗНАТЬ базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании.</p> <p>УМЕТЬ используя знания в области теоретической физики проводить научные исследования.</p> <p>ВЛАДЕТЬ навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Способность определять основные направления внедрения научных результатов в области теоретической физики (СПК-3). 	<p>ЗНАТЬ основные направления инновационного развития в области теоретической физики.</p> <p>УМЕТЬ проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области теоретической физики для подготовки предложений по внедрению</p>

	<p>полученных научных результатов.</p> <p>ВЛАДЕТЬ</p> <p>методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области теоретической физики.</p>
--	---

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего, часы	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости: коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.
1. Асимптотические разложения	4	1	1			2	2		2

<p>функций действительной переменной. Отношения сравнения. Шкалы сравнения. Главные части асимптотических разложений. Суммы и произведения асимптотических разложений. Композиция асимптотических разложений. Дифференцирование и интегрирование асимптотических разложений. Асимптотические разложения с переменными коэффициентами.</p>									
<p>2. Столкновение одноатомных молекул в классической механике. Элементарная теория явлений переноса. Вязкость. Теплопроводность. Диффузия. Уравнения движения классической механики. Динамика парных столкновений. Угол отклонения при парном столкновении. Аддитивные инварианты столкновения.</p>	4	1	1				2	2	2
<p>3. Система уравнений Больцмана. Функция распределения кинетической теории. Физический вывод уравнения Больцмана. Stosszahlansatz гипотеза. H-теорема Больцмана, распределение Максвелла.</p>	4	1	1				2	2	2

<p>4. Асимптотические решения кинетических уравнений. Метод последовательных приближений. Метод Гильберта решения уравнения Больцмана. Ошибочность метода Энскога решения уравнения Больцмана.</p>	4	1	1				2	2		2
<p>5. Скорректированный метод решения системы кинетических уравнений Больцмана. Подход Струминского. Обобщающий метод Гильберта корректный метод решения системы кинетических уравнений Больцмана.</p>	10	2	2				4	6		6
<p>6. Системы газодинамических уравнений. Функции распределения скоростей частиц нулевого порядка. Система уравнений переноса. Вывод системы уравнений газовой динамики первого порядка в теории Энскога-Чепмена. Система уравнений первого порядка многокомпонентной неравновесной газовой динамики. Функции распределения скоростей частиц первого порядка. Система газодинамических уравнений второго порядка в теории Энскога-Чепмена.</p>	16	4	4				8	8		8

<p>7. Различные подходы к описанию турбулентных течений газов и жидкостей. Принципиальная невозможность описания развитой турбулентности с помощью системы газодинамических уравнений второго порядка теории Энскога-Чепмена. Феноменологические модели турбулентности. Турбулентные течения газов и система уравнений многокомпонентной неравновесной газовой динамики.</p>	4	1	1				2	2		2
<p>8. Кинетическое уравнение распространения излучения. Кинетическое уравнение распространения излучения в нерассеивающих средах. Используемые в расчётах распространения излучения приближения: кинетическое приближение, диффузионное приближение, приближение лучистой теплопроводности.</p>	4	1	1				2	2		2

<p>9. Асимптотические решения кинетического уравнения распространения излучения. Асимптотическое решение кинетического уравнения распространения излучения для случая оптически-толстой нерассеивающей среды и асимптотическое приближение для расчётов распространения излучения. Асимптотическая точность диффузионного приближения и приближения лучистой теплопроводности. Формальное решение кинетического уравнения распространения излучения. Уточнённые граничные условия</p>	16	4	4				8	8		4
<p>10. Сечения взаимодействия и пробеги частиц и излучения в веществах. Модели и методы расчёта кинетических коэффициентов вязкости, диффузии и теплопроводности для неоднородных (разреженных) газов. Модели и программы расчёта пробегов частиц (на примере нейтронов) и излучения в веществах.</p>	4	1	1				2	2		2
<p>Промежуточная и итоговая аттестация: контрольная работа.</p>	4									4
Итого	72	18	18				36			36

* Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:
учебные пособия, интернет-ресурсы.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
(приводятся типовые вопросы, тесты, темы рефератов и пр., а также таблица оценивания учебных достижений)
Типовые задачи по курсу (домашние задания):

1. Найти асимптотическое разложение некоторой функции (из задач у Бурбаки).
2. Вывести уравнение переноса импульса системы уравнений газовой динамики первого порядка в подходе Энского-Чепмен.
3. Получить выражение для члена второго порядка асимптотического разложения компонент давления излучения.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

- [1] Л.Э. Больцман, *Лекции по теории газов* (Гостехиздат, Москва, 1953).
- [2] Д. Гильберт, *Основы общей теории линейных интегральных уравнений*, Избранные труды, Т. 2 (Факториал, Москва, 1998).
- [3] С. Чепмен и Т. Каулинг, *Математическая теория неоднородных газов* (ИЛ, Москва, 1960).
- [4] Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертисс и Р. Берд, *Молекулярная теория газов и жидкостей* (ИЛ, Москва, 1961).
- [5] М. Кац *Несколько вероятностных задач физики и математики* (Наука, Москва, 1967).
- [6] Н. Бурбаки, *Элементы математики. Книга IV. Функции действительного переменного* (Наука, Москва, 1965).
- [7] Я.Б. Зельдович и Ю.П. Райзер *Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений* (Физматлит, Москва, 2008).
- [8] Д. Михалас *Звёздные атмосферы*. Т. 1. (Мир, Москва, 1982).

Дополнительная литература

[1] Н. Н. Боголюбов, *Проблемы динамической теории в статистической физике* (Гостехиздат, Москва-Ленинград, 1946).

[2] К. Черчиньяни, *Теория и приложения уравнения Больцмана* (Мир, Москва, 1978).

[3] П. Резибуа и М. Де Ленер, *Классическая теория жидкостей и газов* (Мир, Москва, 1980).

9. Таблица оценивания учебных достижений

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать основы современной кинетической теории неоднородных газов и прохождения излучения и частиц через вещество, владеть соответствующим математическим аппаратом и иметь опыт самостоятельного решения задач.	Отсутствие знания основ теории.	Фрагментарное знание и неумение решать простые задачи.	Знание некоторых основ теории, но слабое владение математическим аппаратом, позволяющее решать лишь простейшие задачи.	В целом успешное освоение теории и умение решать стандартные задачи, но наличие отдельных пробелов.	Уверенное владение основами теории и ее математическим аппаратом, умение решать как стандартные задачи, так и задачи повышенной сложности.

10. Перечень ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

1. http://theorphys.phys.msu.ru/education/fiz_fund_vz.html
2. <http://pdg.lbl.gov/>
3. <http://arXiv.org/>

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

сообщаются во время групповых и индивидуальных консультаций (дополнительная литература для решения отдельных задач, книги и оригинальные статьи для углубленного изучения избранных разделов курса по запросу обучающихся).

12. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):

преподавание дисциплины в форме авторского курса по программе, составленной с учетом результатов исследований научных школ МГУ и ведущих мировых научных центров; дискуссии по актуальным проблемам современной физики с использованием интернет-ресурсов; программное обеспечение: Mathematica.

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

аудитория на 15 мест, доска, мел, опционально: ноутбук, проектор и экран.

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 JetBrains PyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrains CLion 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 продукт CodeBlocks The Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0 Free 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 продукт Haskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft Project Professional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия
26. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям