

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета
ННГУ протокол от «02»
декабря 2024 г. № 10

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика и статистика
неравновесных систем»

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Научная специальность
1.3.4. Радиофизика

Программа подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Радиофизика

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2025 год

1. Место и цель дисциплины в структуре ПА

Дисциплина «Термодинамика и статистика неравновесных систем» относится к числу *элективных* дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 2-ом году обучения в 4 семестре.

Цель дисциплины – углубленное ознакомление аспирантов с основными методами статистического и феноменологического описания неравновесных процессов в макроскопических системах.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

Знать:

- Основы кинетической теории плазмы, газов и сплошной среды.
- Основные постулаты и феноменологические соотношения неравновесной термодинамики.

Уметь:

- Анализировать физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач.

Владеть:

- Методами кинетического анализа волновых процессов в плазме.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., всего - 108 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа), 72 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 1

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов в	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
I. Введение							
1. Цели и задачи курса	3	1	-	-	-	1	2
II Классическая кинетика							
2. Цепочка уравнений Боголюбова для неравновесных функций распределения.	9	3	-	-	-	3	6
3. Кинетическое уравнение самосогласованного поля.	9	3	-	-	-	3	6
4. Газокинетическое уравнение Больцмана	12	4	-	-	-	4	8
5. Стационарное решение уравнения Больцмана	12	4				4	8
6. Кинетическая теория волн в плазме.	15	5				5	10

7. Вывод уравнений динамики сплошной среды из кинетического уравнения Больцмана	9	3				3	6
---	---	---	--	--	--	---	---

III Основы неравновесной термодинамики.

8. Уравнение непрерывности	9	3	-	-	-	3	6
9. Закон изменения плотности импульса	6	2	-	-	-	2	4
10. Закон изменения плотности энергии.	9	3	-	-	-	3	6
11. Уравнение баланса энтропии.	9	3	-	-	-	3	6
12. Малые отклонения от равновесия	6	2				2	4

Промежуточная аттестация: – зачет			-	-	-		
Итого	108	36	-	-	-	36	72

Таблица 2

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Цели и задачи курса	Особенности статистического и термодинамического описания неравновесных макроскопических систем.	Лекция	-
2	Цепочка уравнений Боголюбова для неравновесных функций распределения.	Её вывод и необходимость разрыва.	Лекция	-
3	Кинетическое уравнение самосогласованного поля.	Модель изотропной плазмы. Дебаевское экранирование. Вывод уравнения Власова.	Лекция	-
4	Газокинетическое уравнение Больцмана	Обрыв цепочки Боголюбова при пренебрежении тройными столкновениями атомов нейтрального газа. Вывод интеграла столкновений.	Лекция	-
5	Стационарное решение уравнения Больцмана.	Возрастание энтропии. Средняя длина свободного пробега. Модельный интеграл столкновений.	Лекция	-
6	Кинетическая теория волн в плазме.	Пространственная дисперсия в плазме. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Волны в	Лекция	

		плазме. Затухание Ландау.		
7	Вывод уравнений динамики сплошной среды из кинетического уравнения Больцмана	Уравнения баланса массы, импульса, энергии.	Лекция	
8	Уравнение непрерывности	Уравнение непрерывности многокомпонентной системы. Диффузионный поток.	Лекция	-
9	Закон изменения плотности импульса.	Уравнения для макроскопической скорости вязкой среды.	Лекция	-
10	Закон изменения плотности энергии.	Локальная формулировка первого принципа термодинамики.	Лекция	-
11	Уравнение баланса энтропии.	Второй принцип термодинамики для элемента сплошной среды. Источники производства энтропии	Лекция	-
12	Малые отклонения от равновесия.	Феноменологические уравнения. Симметрия кинетических коэффициентов.	Лекция	-

4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.
2. Собеседование с обучающимися во время аудиторных занятий.
3. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы студентов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма групповой консультации по отдельным разделам дисциплины в виде семинаров по современным проблемам радиофизики, проводимым на кафедре факультативно.

5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;

- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения по дисциплине

1. Цепочка уравнений Боголюбова для функций распределения.
2. Кинетическое уравнение самосогласованного поля Власова.
3. Газокинетическое уравнение Больцмана.
4. Стационарное решение уравнения Больцмана.
5. Н-теорема Больцмана. Связь с энтропией.
6. Средняя длина свободного пробега. Модельный интеграл столкновений.
7. Кинетический вывод диэлектрической проницаемости плазмы.
8. Волны в плазме. Затухание Ландау.
9. Вывод уравнений для усредненных сохраняющихся величин из уравнения Больцмана.
10. Уравнение непрерывности и уравнение Эйлера.
11. Закон изменения энергии идеальной жидкости.
12. Феноменологический закон изменения плотности импульса.
13. Локальная формулировка I принципа термодинамики.
14. Локальная формулировка II принципа термодинамики.
15. Источники производства энтропии. Обобщенные потоки и термодинамические силы.
16. Малые отклонения от равновесия. Феноменологические уравнения. Кинетические коэффициенты.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. - Термодинамика, статистическая физика и кинетика: [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М.: Наука, 1972. - 400 с.
2. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 427 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=692 — Загл. с экрана.
3. Гроот С. Р., Мазур П - Неравновесная термодинамика . - М.: Мир, 1964. - 456 с.

4. Странотевич Р. Л. - Нелинейная неравновесная термодинамика. - М.: Наука, 1985. – 479 с.

б) дополнительная литература:

1. Ландау, Л.Д. Термодинамическая физика. Т.Х. Физическая кинетика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2002. — 536 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2692> — Загл. с экрана.

2. Климонтович Ю. Л. - Кинетическая теория электромагнитных процессов. - М.: Наука, 1980. - 373 с.

3. Пригожин И. - Введение в термодинамику необратимых процессов. - М.: Изд-во иностр. лит., 1960. - 127 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>;

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;

- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;

- лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*;

- обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Автор: д.ф.-м.н., проф. В.Г. Гавриленко

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. А.В. Кудрин

Заведующий кафедрой: д.т.н., снс А.В. Калинин

Программа одобрена на заседании Методической комиссии радиофизического факультета от «28» ноября 2024 года, протокол № 06/24.