

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Термодинамика и статистическая физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная радиофизика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.26 Термодинамика и статистическая физика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1: Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики ОПК-1.2: Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач ОПК-1.3: Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.1: Знать: методики получения базовых знаний в области математики и естественных наук, в частности в области термодинамики и статистической физики. ОПК-1.2: Уметь: овладевать базовыми знаниями в области математики и естественных наук, в частности в области термодинамики и статистической физики, и использовать их в профессиональной деятельности ОПК-1.3: Владеть: опытом получения базовых знаний в области математики и естественных наук, в частности в области термодинамики и статистической физики, и их использования в профессиональной деятельности	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования	ОПК-2.1: Использует методы радиофизических измерений и методы обработки результатов ОПК-2.2: Формулирует	ОПК-2.1: Знать: современные образовательные и информационные технологии для самостоятельного	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	задачи экспериментального и теоретического исследования в области радиофизики, использует радиофизическое измерительное оборудование и применяет теоретические методы ОПК-2.3: Применяет практические навыки радиофизических исследований и представления результатов	приобретения новых знаний в области термодинамики и статистической физики ОПК-2.2: Уметь: самостоятельно приобретать новые знания в области термодинамики и статистической физики, используя современные образовательные и информационные технологии ОПК-2.3: Владеть: опытом самостоятельного приобретения новых знаний в области термодинамики и статистической физики с использованием современных образовательных и информационных технологий		Зачёт: Контрольные вопросы
-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	6
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	3
самостоятельная работа	72
Промежуточная аттестация	45 Экзамен, Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия	Занятия	Всего	

		лекционного типа	семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы		
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Тема 1. Введение	2	1		1	1
Тема 2. Основы классической статистики	33	9	8	17	16
Тема 3. Термодинамическое описание равновесных систем	31	12	10	22	9
Тема 4. Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	15	5	2	7	8
Тема 5. Фазовые переходы	7	3		3	4
Тема 6. Распределение Максвелла-Больцмана	7	2	2	4	3
Тема 7. Флуктуации в равновесных системах	15	5	2	7	8
Тема 8. Основы квантовой статистики	30	13	4	17	13
Тема 9. Квантовая статистика невзаимодействующих тождественных частиц	28	14	4	18	10
Аттестация	45				
КСР	3			3	
Итого	216	64	32	99	72

Содержание разделов и тем дисциплины

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение отдельных тем рабочей программы и решение домашних заданий по практике. Цель самостоятельной работы - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию. Особое место отводится самостоятельной практической проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине при выполнении домашних заданий по практике. Обучающийся должен быть обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам, содержащим все издания основной литературы, перечисленные в рабочих программах дисциплин (модулей), практик; к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Список вопросов для контроля текущего усвоения материала практических занятий:

1. Первый принцип термодинамики. Политропические процессы.
2. Второй принцип термодинамики и его следствия.

3. Характеристические функции.
4. Термодинамика равновесного электромагнитного излучения.
5. Необратимые процессы.
6. Устойчивость термодинамических систем.
7. Тепловые двигатели.
8. Теорема Карно.
9. Распределение Максвелла.
10. Распределение Больцмана.
11. Каноническое распределение Гиббса.
12. Идеальный газ из двухатомных жестких молекул.
13. Идеальный газ из двухатомных полярных молекул во внешнем электрическом поле.
14. Статистический расчет равновесных флуктуаций.
15. Квазитермодинамический расчет флуктуаций.
16. Квантовое распределение Гиббса.
17. Распределение Ферми.
18. Распределение Бозе.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Вопросы для собеседования соответствуют вопросам для промежуточной аттестации

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

Вопросы для собеседования соответствуют вопросам для промежуточной аттестации

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями ИЛИ Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками ИЛИ В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок. ИЛИ Хорошая подготовка, но со значительными ошибками. ИЛИ Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям.
не зачтено	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания ИЛИ Подготовка совершенно недостаточная.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

- 1.Фазовое пространство. Функция статистического распределения.
- 2.Ансамбль Гиббса. Уравнение Лиувилля. Равновесный ансамбль
- 3.Микроканоническое распределение для изолированной системы.
- 4.Классическое каноническое распределение для системы в термостате.
- 5.Функция распределения для энергии. Сравнение микроканонического и канонического распределений.
- 6.Статистическое определение энтропии равновесной системы.
- 7.Первый принцип термодинамики. Внутренняя энергия.
- 8.Нулевое начало термодинамики. Температура.
- 9.Теплоемкость. Политропические процессы.
- 10.Второй принцип термодинамики. Термодинамическое определение энтропии
- 11.Статистическое обоснование второго принципа термодинамики.
- 12.Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы и теорема о вириале.
- 13.Классическая теория теплоемкостей идеального газа и твердого тела.
- 14.Некоторые следствия принципов термодинамики. Соотношение между c_p и c_v .

- 15.Характеристические функции F, Φ, I .
- 16.Внутренняя энергия и энтропия газа Ван-дер-Ваальса.
17. Магнитокалорический эффект.
- 18.Связь энтропии с вероятностью. Принцип возрастания энтропии.
- 19.Неравенство Клаузиуса. Превращение тепла в работу.
- 20.Расширение в пустоту. Выравнивание температур.
- 21.Встречная диффузия двух газов. Парадокс Гиббса.
- 22.Процесс Джоуля-Томсона.
- 23.Термодинамика систем с переменным числом частиц.
- 24.Функция распределения для системы с переменным числом частиц в термостате.
- 25.Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем.
- 26.Равновесие тела во внешней среде
- 27.Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Правило фаз Гиббса.
2. Фазовые переходы первого рода.
3. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Метастабильные состояния.
4. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау.
5. Распределение Максвелла-Больцмана.
6. Статистический расчет флуктуаций энергии и числа частиц.
7. Принцип Больцмана. Квазитермодинамическая теория равновесных флуктуаций.
8. Квантовое каноническое распределение.
9. Свободная энергия и энтропия в квантовой статистике.
- 10.Средняя энергия квантового осциллятора.
- 11.Равновесное излучение. Формула Планка.
- 12.Тело в равновесии с излучением. Закон Кирхгофа. Эффективная температура излучения.
- 13.Квантовая теория теплоемкости идеальных газов.
- 14.Дебаевская теория теплоемкости твердого тела.
- 15.Третье начало термодинамики.
- 16.Распределение Бозе.
- 17.Тепловая ионизация атомов. Формула Саха Ферми.
- 18.Квазиклассическое приближение. Температура вырождения.
- 19.Тепловая ионизация атомов. Формула Саха.
- 20.Уравнение состояния квантового идеального газа из элементарных частиц.

- 21.Вырожденный бозе-газ.
- 22.Фотонный газ.
- 23.Вырожденный ферми-газ при $T \rightarrow 0$.
- 24.Теплоемкость вырожденного электронного газа в металлах.
- 25.Внутренняя энергия, энтропия и давление электронного газа в металлах.
- 26.Слабая термоэлектронная эмиссия.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями
отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками
очень хорошо	В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок.
хорошо	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками.
удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям.
неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания
плохо	Подготовка совершенно недостаточная.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

- 1.Ансамбль Гиббса. Уравнение Лиувилля.
- 2.Микроканоническое распределение для изолированной системы.
- 3.Классическое каноническое распределение для системы в термостате.
- 4.Функция распределения для энергии. Сравнение микроканонического и канонического распределений
- 5.Статистическое определение энтропии равновесной системы.
- 6.Первый принцип термодинамики. Внутренняя энергия.
- 7.Нулевое начало термодинамики. Температура.
- 8.Теплоемкость. Политропические процессы.
- 9.Второй принцип термодинамики. Термодинамическое определение энтропии

10. Статистическое обоснование второго принципа термодинамики.
11. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы и теорема о вириале.
12. Классическая теория теплоемкостей идеального газа и твердого тела.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Некоторые следствия принципов термодинамики. Соотношение между c_p и c_v .
2. Характеристические функции F, Φ, I .
3. Магнитокалорический эффект.
4. Связь энтропии с вероятностью. Принцип возрастания энтропии.
5. Неравенство Клаузиуса. Превращение тепла в работу.
6. Расширение в пустоту. Выравнивание температур.
7. Встречная диффузия двух газов. Парадокс Гиббса.
8. Процесс Джоуля-Томсона.
9. Термодинамика систем с переменным числом частиц.
10. Функция распределения для системы с переменным числом частиц в термостате.
11. Распределение Максвелла.
12. Распределение Больцмана.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями ИЛИ Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками ИЛИ В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок. ИЛИ Хорошая подготовка, но со значительными ошибками. ИЛИ Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям.
не зачтено	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания ИЛИ Подготовка совершенно недостаточная.

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Задача 1.

Вывести уравнение политропического процесса для модели газа Ван-дер-Ваальса в переменных TV и pV.

Задача 2.

Вывести зависимость энтропии равновесного излучения от температуры и объёма.

Задача 3.

Записать уравнение адиабатического процесса для равновесного излучения в переменных TV и pV.

Задача 4.

Вычислить термодинамический потенциал Гиббса и свободную энергию равновесного излучения.

Задача 5

Вывести уравнение состояния ультрарелятивистского квантового идеального газа из тождественных частиц.

Задача 6

Получить выражение для плотности тока насыщения с поверхности катода в электровакуумном приборе.

Задача 7

Вывести уравнение адиабатического процесса для конденсированного идеального бозе-газа в переменных TV и pV.

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Задача 1.

Нагревается или охлаждается классический одноатомный идеальный газ при расширении по закону:

$$p^2 \cdot V = \text{const}$$

. Какова его молярная теплоёмкость в этом процессе.

Задача 2.

Вычислить разность молярных теплоёмкостей при постоянном давлении и объёме для модели газа Ван-дер-Ваальса.

Задача 3

Рассчитать изменение энтропии и температуры при теплоизолированном расширении в пустоту равновесного излучения.

Задача 4

Рассчитать изменение энтропии и температуры при теплоизолированном расширении в пустоту газа Ван-дер-Ваальса.

Задача 4

Найти наиболее вероятное значение кинетической энергии молекулы классического равновесного газа при известной температуре.

Задача 5

Найти среднее значение потенциальной энергии молекулы в поле тяжести для идеального равновесного классического газа, находящегося в сосуде известной высоты при заданной температуре.

Задача 6

Вычислить статистический интеграл и свободную энергию для классического идеального газа, состоящего из двухатомных жёстких молекул.

Задача 7

Вычислить статистический интеграл и свободную энергию для классического идеального газа, состоящего из двухатомных полярных молекул, в однородном внешнем электрическом поле.

Задача 8

Вычислить дисперсию флуктуаций продольной составляющей дипольного момента классического идеального газа, состоящего из двухатомных полярных молекул, в однородном внешнем электрическом поле.

Задача 9

Вычислить дисперсию флуктуаций давления в равновесной классической макроскопической системе.

Задача 10

Рассчитать корреляцию флуктуаций давления и удельного объёма в равновесной классической макроскопической системе.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями
отлично	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми

Оценка	Критерии оценивания
	ошибками
очень хорошо	В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок.
хорошо	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками.
удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям.
неудовлетворительно	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания
плохо	Подготовка совершенно недостаточная.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика. Том 5. Статистическая физика. Часть 1 : Учебное пособие. - 6-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 620 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1510-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741027&idb=0>.
2. Румер Юрий Борисович. Термодинамика, статистическая физика и кинетика : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1972. - 400 с. : с черт. - 0.93., 43 экз.
3. Базаров Иван Павлович. Термодинамика : [учеб. для ун-тов по специальности "Физика"]. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1991. - 375, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-000626-3 : 1.30., 98 экз.
4. Терлецкий Я. П. Статистическая физика : [учеб. пособие для физ. фак. ун-тов]. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1973. - 278 с. : черт. - 0.60., 8 экз.
5. Климонтович Юрий Львович. Статистическая физика : учеб. пос. для вузов. - М. : Наука , 1982. - 608 с. - 20.00., 21 экз.
6. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики : [для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1973. - 423 с. : черт. - 1.01., 12 экз.
7. Леонтович Михаил Александрович. Введение в термодинамику. Статистическая физика : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1983. - 416 с. : ил. - 1.10., 46 экз.

Дополнительная литература:

1. Левич Вениамин Григорьевич. Курс теоретической физики : [для физ.-техн. вузов и фак.]. Т. 1 . Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статистическая физика. Электромагнитные процессы в веществе. - 2-е изд., перераб. - М. : Наука, 1969. - 910 с. : с черт. - 4200.00., 109 экз.
2. Куни Ф. М. Статистическая физика и термодинамика : [учеб. пособие для физ. специальностей].

- М. : Наука, 1981. - 351 с. : ил. - 1.00., 13 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Гавриленко Владимир Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензент(ы): Бакунов Михаил Иванович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Бакунов Михаил Иванович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 года, протокол № 09/23.