

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы кинетики и электродинамики плазмы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 Основы кинетики и электродинамики плазмы относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Демонстрация способности применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Обладать знаниями в области кинетики и электродинамики плазмы необходимыми для осуществления научно-исследовательской деятельности Уметь применять полученные знания при проведении научных исследований в области кинетики и электродинамики плазмы Владеть методами исследования кинетических и электро-динамических свойств плазмы	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-4.1: Демонстрация способности использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-4.1: Знать теорию кинетики и электродинамики невырожденной плазмы в комплексе с основами курсов теоретической физики, на которых базируется физика плазмы. Уметь пользоваться основными уравнениями кинетики и электродинамики невырожденной плазмы для описания физических процессов в плазме.	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	24
- КСР	2
самостоятельная работа	22
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Общие сведения о плазме	6	2	2	4	2
Тема 2. Столкновения в плазме	6	2	2	4	2
Тема 3. Кинетические уравнения для плазмы	6	2	2	4	2
Тема 4. Гидродинамическое описание плазмы	6	2	2	4	2
Тема 5. Процессы переноса в плазме	6	2	2	4	2
Тема 6. Уравнения электромагнитного поля в среде с временной и пространственной дисперсией	6	2	2	4	2
Тема 7. Волны в изотропной плазме	6	2	2	4	2
Тема 8. Кинетическая теория плазменных волн	6	2	2	4	2
Тема 9. Электромагнитные волны в неоднородной изотропной плазме	6	2	2	4	2
Тема 10. Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой	6	2	2	4	2
Тема 11. Квазилинейная теория	10	4	4	8	2
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	108	24	24	50	22

Содержание разделов и тем дисциплины

- Тема 1. Общие сведения о плазме
Тема 2. Столкновения в плазме
Тема 3. Кинетические уравнения для плазмы
Тема 4. Гидродинамическое описание плазмы
Тема 5. Процессы переноса в плазме
Тема 6. Уравнения электромагнитного поля в среде с временной и пространственной дисперсией
Тема 7. Волны в изотропной плазме
Тема 8. Кинетическая теория плазменных волн
Тема 9. Электромагнитные волны в неоднородной изотропной плазме
Тема 10. Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой
Тема 11. Квазилинейная теория

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.

Для самостоятельной работы обучающимся предлагается использовать основную и дополнительную литературу и/или электронные Интернет-ресурсы.

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. При какой электронной концентрации электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в полностью ионизованную плазму?

Ответ:

2. Электрический зонд в плазме возмущает вокруг себя электрическое поле на расстоянии $d \approx 7,4 \times 10^{-2}$ мм. Определите температуру плазмы, если круговая плазменная частота $\omega_{pe} \approx 5,6 \times 10^{11} \text{ с}^{-1}$.

Ответ:

3. Определите сорт ионов однократно ионизованной плазмы, если электронная и ионная плазменные частоты отличаются в 60,6 раза.

Ответ:

4. При температуре $T = 7,4$ кэВ дебаевская длина в плазме в 10^7 раз больше электронной длины волны де Бройля. Определите концентрацию электронов.

Ответ:

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Характерный размер d возмущения электрического поля вокруг внесённого в плазму ленгмюровского зонда равен 15 мкм. Найдите электронную концентрацию в плазме, если температура среды $T = 5$ кэВ.

Ответ:

2. В плазме с концентрацией электронов $n = 4 \times 10^{12} \text{ см}^{-3}$ дебаевский радиус превышает электронную длину волны де Бройля для тепловых частиц в 10^7 раз. Найдите температуру электронов.

Ответ:

3. Рассчитайте число частиц в сфере дебаевского радиуса для плазмы солнечной короны с электронной концентрацией $n = 10^9 \text{ см}^{-3}$ и температурой $T = 100$ эВ. Сделайте вывод об идеальности или неидеальности корональной плазмы.

Ответ:

4. При какой температуре электронов фазовая скорость ленгмюровской волны длиной 10 мкм в 100 раз превышает фазовую скорость ионно-звуковой волны в водородной плазме с концентрацией электронов 10^{14} см^{-3} ? Могут ли эти скорости совпадать и почему?

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован

Оценка	Критерии оценивания
	творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компет	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно

енций (индик атора достиж ения компет енций)	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 отдельным 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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. При какой электронной концентрации электромагнитная волна с частотой 100 ГГц не проникнет в полностью ионизованную плазму?

Ответ:

2. Электрический зонд в плазме возмущает вокруг себя электрическое поле на расстоянии $d \approx 7,4 \times 10^{-2}$ мм. Определите температуру плазмы, если круговая плазменная частота $\omega_{pe} \approx 5,6 \times 10^{11} \text{ с}^{-1}$.

Ответ:

3. Определите сорт ионов однократно ионизованной плазмы, если электронная и ионная плазменные частоты отличаются в 60,6 раза.

Ответ:

4. При температуре $T = 7,4 \text{ кэВ}$ дебаевская длина в плазме в 10^7 раз больше электронной длины волны де Бройля. Определите концентрацию электронов.

Ответ:

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Характерный размер d возмущения электрического поля вокруг внесённого в плазму ленгмюровского зонда равен 15 мкм. Найдите электронную концентрацию в плазме, если температура среды $T = 5$ кэВ.

Ответ:

2. В плазме с концентрацией электронов $n = 4 \times 10^{12} \text{ см}^{-3}$ дебаевский радиус превышает электронную длину волны де Бройля для тепловых частиц в 10^7 раз. Найдите температуру электронов.

Ответ:

3. Рассчитайте число частиц в сфере дебаевского радиуса для плазмы солнечной короны с электронной концентрацией $n = 10^9 \text{ см}^{-3}$ и температурой $T = 100$ эВ. Сделайте вывод об идеальности или неидеальности корональной плазмы.

Ответ:

4. При какой температуре электронов фазовая скорость ленгмюровской волны длиной 10 мкм в 100 раз превышает фазовую скорость ионно-звуковой волны в водородной плазме с концентрацией электронов 10^{14} см^{-3} ? Могут ли эти скорости совпадать и почему?

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все

Оценка	Критерии оценивания
	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

- 1) Общие сведения о плазме
- 2) Столкновения в плазме
- 3) Кинетические уравнения для плазмы
- 4) Гидродинамическое описание плазмы
- 5) Процессы переноса в плазме
- 6) Уравнения электромагнитного поля в среде с временной и пространственной дисперсией
- 7) Волны в изотропной плазме
- 8) Кинетическая теория плазменных волн
- 9) Электромагнитные волны в неоднородной изотропной плазме
- 10) Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой

11) Квазилинейная теория

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

- 1) Общие сведения о плазме
- 2) Столкновения в плазме
- 3) Кинетические уравнения для плазмы
- 4) Гидродинамическое описание плазмы
- 5) Процессы переноса в плазме
- 6) Уравнения электромагнитного поля в среде с временной и пространственной дисперсией
- 7) Волны в изотропной плазме
- 8) Кинетическая теория плазменных волн
- 9) Электромагнитные волны в неоднородной изотропной плазме
- 10) Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой
- 11) Квазилинейная теория

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.

Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

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

Основная литература:

1. Кадомцев Борис Борисович. Коллективные явления в плазме. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1988. - 304 с. - 3.10., 12 экз.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Теоретическая физика и астрофизика : доп. гл. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Наука, 1987. - 486, [1] с. : ил. - 5.50., 1 экз.
3. Александров Андрей Федорович. Основы электродинамики плазмы : [учеб. для физ. специальностей ун-тов] / под ред. А. А. Рухадзе. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1988. - 423, [1] с. : граф. - ISBN 5-06-001404-5 (в пер.) : 1.20., 12 экз.

Дополнительная литература:

1. Голант В. Е. Основы физики плазмы : учеб. пособие. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 448 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1198-6 : 802.56., 1 экз.
2. Кролл Н. Основы физики плазмы / пер. с англ. Л. А. Большова, Ю. А. Дрейзина ; под ред. А. М. Дыхне. - М. : Мир, 1975. - 526 с. - 52.00., 8 экз.
3. Арцимович Лев Андреевич. Физика плазмы для физиков. - М. : Атомиздат, 1979. - 317 с. : ил. - 2.00., 6 экз.

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

1) Physics of Plasmas <http://phys.org/journals/physics-of-plasmas/>

2) ИЯФ им Г.И.Будкера, Поступаев В.В. Магнитное удержание плазмы. Токамак. (58 с.)

http://www.inp.nsk.su/chairs/plasma/sk/fpl-postupaev/Plasma_2011_part_11.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Корягин Сергей Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.