

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Асимптотические методы теории колебаний и волн

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.05 Асимптотические методы теории колебаний и волн 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-4: Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук | <p>ПК-4.1: Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем</p> <p>ПК-4.2: Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы</p> <p>ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой</p> | <p>ПК-4.1: Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия, законы и принципы, описывающие физические явления, а также следствия, вытекающие из этих законов и принципов, имеющие как теоретическое, так и прикладное значение. – современное состояние и актуальные направления исследований колебательных и волновых процессов в различных областях физики. <p>ПК-4.2: Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – точные и приближенные подходы к описанию колебаний в сосредоточенных системах при наличии изменяющихся внешних условий и самовоздействия; – асимптотические методы описания процессов распространения и дифракции коротковолновых полей в неоднородных нелинейных диспергирующих средах. <p>ПК-4.3: Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – адекватно описывать физические явления, составлять и анализировать их математические модели, с | Собеседование Задачи Контрольная работа | Зачёт: Контрольные вопросы |

| | | | | |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| | | <p>привлечением дополнительного материала, в том числе, с использованием информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" и других источников.</p> <p>– решать задачи и проблемы теории колебаний и волн, которые аналогичны ранее изученным в курсе;</p> <p>– решать задачи и проблемы теории колебаний и волн, которые аналогичны ранее изученным в курсе, но имеют более высокий уровень сложности.</p> <p>– использовать на практике асимптотические методы теории распространения и дифракции коротких волн для исследования волновых полей в плавно неоднородных средах с учетом рефракционных, дифракционных и дисперсионных эффектов;</p> <p>– решать нестандартные задачи и проблемы асимптотических методов теории волн, которые требуют некоторой оригинальности мышления;</p> <p>Владеть:</p> <p>– представлениями о современном состоянии и актуальных проблемах исследований колебательных и волновых процессов в различных областях физики;</p> <p>– навыками составления математических моделей, описывающих физические процессы в сосредоточенных и распределенных системах;</p> <p>– точными и приближенными методами поиска и анализа возможных решений уравнений теории колебаний и волн;</p> <p>– навыками целенаправленного поиска информации о новейших научных и технологических</p> | | |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

| | | | | |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| | | достижениях в области асимптотических методов теории волн; – математическими методами обработки экспериментальной информации. | | |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | очная |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Общая трудоемкость, з.е. | 2 |
| Часов по учебному плану | 72 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 16 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 16 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 39 |
| Промежуточная аттестация | 0 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 | | | |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 | 0 Ф 0 |
| Тема 1. Осциллятор с медленно изменяющейся частотой. | 6 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Тема 2. Осциллятор с периодически изменяющейся частотой. | 6 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Тема 3. Движение в быстро осциллирующем поле. | 6 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| Тема 4. Нелинейный осциллятор. Резонанс | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Тема 5. Автоколебательные системы | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Тема 6. Среды с временной дисперсией. | 6 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Тема 7. Волны в одномерных средах с плавно меняющимися параметрами | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| Тема 8. Геометрическая оптика плавно неоднородных сред. | 6 | 1 | 2 | 3 | 3 |

| | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| Тема 9. Квазиоптические волновые пучки. | 6 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| Тема 10. Распространение волновых пучков в плавно неоднородных средах. | 6 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| Тема 11. Самофокусировка волновых пучков. | 7 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Тема 12. Темные и светлые солитоны. Представление о солитоне как о квазичастице. | 7 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | 1 | |
| Итого | 72 | 16 | 16 | 33 | 39 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Осциллятор с медленно изменяющейся частотой.
Тема 2. Осциллятор с периодически изменяющейся частотой.
Тема 3. Движение в быстро осциллирующем поле.
Тема 4. Нелинейный осциллятор. Резонанс
Тема 5. Автоколебательные системы
Тема 6. Среда с временной дисперсией.
Тема 7. Волны в одномерных средах с плавно меняющимися параметрами.
Тема 8. Геометрическая оптика плавно неоднородных сред.
Тема 9. Квазиоптические волновые пучки.
Тема 10. Распространение волновых пучков в плавно неоднородных средах.
Тема 11. Самофокусировка волновых пучков.
Тема 12. Темные и светлые солитоны. Представление о солитоне как о квазичастице.

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.

[В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/plasma.htm> — свободный доступ]

3. Кравцов Ю.А., Орлов Ю.И. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М.: Наука, 1980.

[В форме электронного документа доступна на сайте EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/optics.htm> — свободный доступ]

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 ПК-4:

Колебательный контур с нелинейной емкостью или нелинейной индуктивностью.

Контакт Джозефсона.

Задача о самоиндуцированной прозрачности.

Универсальные модели консервативных колебаний вблизи минимума гладкого потенциала: осцилляторы с квадратичной нелинейностью и осцилляторы с кубической нелинейностью.

Осциллятор Дуффинга.

Обобщенная схема радиотехнического генератора.

Параметрические колебания в нелинейных системах. Нелинейный осциллятор с параметрическим возбуждением.

Параметрический генератор электромагнитных колебаний.

Оптические параметрические усилители и генераторы.

Двухконтурные параметрические генераторы.

Резонансное взаимодействие связанных слабонелинейных осцилляторов.

Соотношения Менли – Роу

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|------------------------------------------------------------------------|
| зачтено | Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок. |
| не зачтено | При ответе студент допускает существенные ошибки в основном материале. |

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

Задача 1. Найти границы первой зоны неустойчивости для осциллятора с частотой, изменяющейся ступенчатым образом.

Задача 2. Найти границы второй зоны неустойчивости для осциллятора с частотой, изменяющейся по гармоническому закону.

Задача 3. Найти адиабатический инвариант и условия его применимости для движения электрона в медленно изменяющемся магнитном поле.

Задача 4. Найти адиабатический инвариант и условия его применимости для шарика, катающийся по горизонтальному столу между двумя стенками, одна из которых медленно колеблется.

Задача 5. Оценить глубину проникновения квазимонохроматического поля с амплитудой E_0 в плоскослоистую среду, показатель преломления которой изменяется по линейному закону.

Задача 6. Исследовать поведение физического маятника с длиной L , точка подвеса которого а) колеблется вертикально, б) колеблется горизонтально и с) вращается по окружности с частотой ω , предполагая, что ω^2 существенно превосходит величину L/g .

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено | Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты представлены в срок. |
| не зачтено | Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме. |

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Задача 1.

Описать процесс перестройки частоты у плоской волны, налетающей на фронт ионизации, если он движется навстречу а) с «досветовой» и б) со «сверхсветовой» скоростью.

Задача 2.

Найти структуру фронта ударной волны для уравнения Бюргерса и скорость его движения.

Задача 3.

Найти семейство солитонов уравнения Кортевега-де Вриза. Найти интегралы движения исходного уравнения, которые отвечают импульсу и энергии солитона.

Задача 4.

Найти структуру ударной волны и форму солитона уравнения Бюргерса – Кортевега-де Вриза.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------|----------------------------------------------------------------|
| зачтено | Выполнена основная часть задания с незначительными недочетами. |

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|-----------------------------------|
| | |
| не зачтено | Выполнено меньше половины работы. |

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 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 | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

| | | | | | | | |
|--|--------|--|-----------------|------------|--|-----------|--|
| | ответа | | и недочетами | недочетами | | недочетов | |
|--|--------|--|-----------------|------------|--|-----------|--|

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 ПК-4

Лагранжев и гамильтонов формализм при описании движения системы материальных точек.

Канонические переменные действие, угол.

Адиабатический инвариант для осциллятора с медленно изменяющейся частотой.

Осциллятор с периодически изменяющейся частотой. Уравнение Хилла и теорема Флоке.

Параметрический резонанс и представление о зонах неустойчивости.

Уравнение Матье и границы первой зоны неустойчивости.

Движение в быстро осциллирующем поле. Понятие о пондеромоторной силе.

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Маятника Капицы и его состояния равновесия. |
| Колебательный контур с нелинейной емкостью или нелинейной индуктивностью. |
| Контакт Джозефсона. |
| Задача о самоиндуцированной прозрачности. |
| Универсальные модели консервативных колебаний вблизи минимума гладкого потенциала: осцилляторы с квадратичной нелинейностью и осцилляторы с кубической нелинейностью. |
| Осциллятор Дуффинга. |
| Вынужденные колебания линейного и нелинейного осциллятора. Понятие о резонансе. |
| Укороченные уравнения и резонансные кривые. |
| Квазигармонические и релаксационные колебания в автоколебательных системах. |
| Обобщенная схема радиотехнического генератора. |
| Ламповый генератор Ван дер Поля. Уравнения Ван дер Поля. |
| Автогенератор на активном элементе с отрицательной дифференциальной проводимостью. |
| Уравнение Рэлея. |
| Бифуркация Андронова – Хопфа. |
| Фазовые портреты для консервативного и диссипативного нелинейного осциллятора. Типы возможных состояний равновесия. |
| Движение по сепаратрисе для физического маятника. |
| Разложение в ряд по степеням параметра нелинейности для осциллятора с квадратичной нелинейностью. |
| Разложение в ряд по степеням параметра нелинейности для осциллятора с кубической нелинейностью. |
| Метод многих масштабов. |
| Метод Ван дер Поля. |
| Модель Френкеля – Конторовой. Цепочки связанных осцилляторов. |
| Представление о волнах в распределенных системах. |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Среды с временной (частотной) дисперсией. Волновое уравнение для сред с временной дисперсией. |
| Дифференциальная форма материального уравнения. |
| Дисперсионное уравнение. Понятие о фазовой и групповой скорости. |
| Распространение квазимонохроматического импульса в длинноволновом приближении. |
| Расплывание волновых пакетов. Метод моментов. |
| Уравнение для огибающей импульса и его функция Грина. |
| Гауссов импульс (автомодельное решение уравнения для огибающей). Прямоугольный сигнал. |
| Импульс с начальной фазовой модуляцией и его эффективное сжатие. |
| Уравнения Максвелла. |
| Волновое уравнение. Скалярное уравнение Гельмгольца. |
| Необходимые условия применимости геометрической оптики для монохроматических полей. |

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачтено | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок |
| не зачтено | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа |

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

Основная литература:

1. Кузнецов Александр Петрович. Линейные колебания и волны : сб. задач : учеб. пособие для вузов. - М. : Физматлит, 2001. - 128 с. - (Современная теория колебаний и волн). - Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997-2000 гг.". - ISBN 5-94052-023-5 : 15.00., 49 экз.
2. Гинзбург Виталий Лазаревич. Распространение электромагнитных волн в плазме. - М. : Физматгиз, 1960. - 552 с. : с черт. - 2.00., 2 экз.
3. Кравцов Юрий Александрович. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М. : Наука, 1980. - 304 с. : ил. - 3.30., 2 экз.

4. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1990. - 432 с. : граф. - ISBN 5-02-014050-3 (в пер.) : 3.10., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Виноградова Марианна Брониславовна. Теория волн : [учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов] . - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. - 383 с. : ил. - 1.10., 145 экз.

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

программное обеспечение и Интернет-ресурсы

EdWorld «Мир математических уравнений», ИПМ РАН, 2004-2016, URL

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library> — свободный доступ

Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. Учебные курсы. URL:

<https://online.edu.ru/public/courses?faces-redirect=true>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Смирнов Лев Александрович, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): д.т.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева Ломакина Л.С.

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.