

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

_____/ Нальгиева М. А.
от « 12 » 03 2025 г.

_____/ Кульбужев Б. С.
от « 14 » 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 Методы математической физики

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки – **03.03.02 Физика**
(код, наименование)

Направленность: **Физика**

Квалификация выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2025 г

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Методы математической физики» - обучение студентов-физиков основным математическим методам, применяемым в физике. В курсе излагается материал, знание которого необходимо как для теоретиков и вычислителей, так и для экспериментаторов. В процессе освоения дисциплины студенты знакомятся с методами решения уравнений в частных производных, решениями обыкновенных дифференциальных уравнений в виде специальных функций, применением теории неприводимых представлений групп. Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих обобщенных трудовых функций (трудовых функций):

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Методы математической физики» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Для освоения дисциплины «Методы математической физики» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения предметов «Физика», «Математика» на предыдущем уровне образования, а также студентами в ходе изучения дисциплин: «Математический анализ», «Практический курс элементарной физики».

3. Результаты освоения дисциплины (модуля) - Методы математической физики

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	<p>УК-6.1. Использует инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей;</p> <p>УК-6.2. Определяет приоритеты собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста;</p> <p>УК-6.3. Оценивает требования рынка труда и предложения образовательных услуг для выстраивания траектории собственного профессионального роста;</p> <p>УК – 6.4. Строит профессиональную карьеру и определяет стратегию профессионального развития.</p>	<p>Знать теоретические основы, основные понятия, законы и модели основных разделов физики;</p> <p>Уметь понимать, излагать и критически анализировать физическую информацию. Пользоваться теоретическими основами, законами и моделями физики;</p> <p>Владеть физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области основных разделов физики.</p>
ПК -3	Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<p>ПК-3.1. Владеет возможностями современных научных методов на уровне, необходимом для постановки и решения задач, имеющих естественно-научное содержание.</p> <p>ПК-3.2. Умеет выбирать наиболее эффективные методы решения основных типов задач, встречающихся в физике.</p> <p>ПК-3.3. Знает способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп</p>	<p>Владеть: методами нахождения, отбора и объединения различных методов проведения физических исследований.</p> <p>Уметь: осмысленно выбирать научный метод проведения физических исследований.</p> <p>Знать: способы определения видов и типов профессиональных задач, а также методы их решения при проведении физических исследований</p>

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

	Всего	Порядковый номер семестра
Общая трудоемкость дисциплины всего (в з.е.), в том числе:	4	7
Аудиторные занятия всего (в акад.часах), в том числе:	102	
Лекции	54	
Практические занятия, семинары	48	
Лабораторные работы		
Контроль		
Самостоятельная работа всего (в акад.часах)	42	
Вид итоговой аттестации:	зачет	
Общая трудоемкость дисциплины (часах)	144	

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)									
			Контактная работа					Самостоятельная работа		Форма промежуточной аттестации (по семестрам)									
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды самостоятельной работы	Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрол.н. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	др.
1	Метод характеристик. Задача Коши. Образование разрывов	7	4	2	2			2											
2	Понятие характеристик для систем уравнений с двумя переменными. Классификация по типам	7	5	3	2			2				+			+				
3	Приведение гиперболической системы к каноническому виду. Инварианты Римана, простая волна Римана.	7	6	3	3			3					+		+				
4	Метод годографа. Точные решения для политропного газа. Волновое уравнение. Формула Даламбера.	7	6	3	3			3					+		+				

20. Необходимые условия существования обратного оператора. Фундаментальное решение и функция Грина краевой задачи. Принцип взаимности. Функция Грина уравнения Штурма – Лиувилля на конечном интервале.

21. Альтернатива Фредгольма. Разложение обратного оператора по проекторам, нулевые моды. Обобщенная функция Грина.

22. Принцип максимума для оператора Лапласа. Единственность решения задач Дирихле и Неймана. Особенность фундаментального решения уравнения Пуассона в пространствах разной размерности. Формула Грина. Функции Грина второго рода для задач Дирихле и Неймана. Потенциалы объемного заряда, простого и двойного слоя. Функция Грина уравнения Гельмгольца. Применение в квантовой теории рассеяния.

23. Принцип максимума для уравнения теплопроводности. Решение с помощью преобразования Фурье. Единственность решения волнового уравнения. Запаздывающая функция Грина. Правило обхода полюсов. Принцип Гюйгенса - Френеля.

5. Образовательные технологии

№ п.п.	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии
1	Метод характеристик	классическое традиционное; лекционное обучение
2	Уравнения второго порядка	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные
3	Специальные функции	классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)
4	Асимптотические методы	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа
5	Метод функций Грина	классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

Для получения глубоких и прочных знаний, твёрдых навыков и умений, необходима систематическая самостоятельная работа студента.

В рабочей программе предусмотрена самостоятельная работа для проработки лекционного (теоретического) материала при подготовке к контрольным мероприятиям (в частности к тестированию)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Метод характеристик. Задача Коши. Образование разрывов	работа над конспектом лекции; решение задач	выполнение практических работ	1,5,8,9	1
2	Понятие характеристик	Коллоквиум; доработка	коллоквиум	4,2,7,5	2

	для систем уравнений с двумя переменными. Классификация по типам	конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы			
3	Приведение гиперболической системы к каноническому виду. Инварианты Римана, простая волна Римана.	подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы;	Тесты, собеседование.	2,6,8,3	1
4	Метод годографа. Точные решения для политропного газа. Волновое уравнение. Формула Даламбера.	работа над конспектом лекции; самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов	выполнение практических работ, тесты	1,4,2,9	2
5	Приведение уравнения с двумя переменными к каноническому виду. Приведение многомерных уравнений к каноническому виду. Характеристики гиперболического уравнения	работа над конспектом лекции; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций	выполнение практических работ	7,8,3	1
6	Понятие автомодельности. Автомодельные подстановки для уравнений теплопроводности.	работа над конспектом лекции; решение задач	выполнение практических работ	3,6	1
7	Разделение переменных. Метод Фурье.	работа над конспектом лекции; решение задач	выполнение практических работ проверка рефератов	1,5,3,9	1
8	Разделение переменных в задаче о круглой мембране. Функции Бесселя.	работа над конспектом лекции; решение задач	выполнение практических работ коллоквиум	3,7,2	2
9	Разделение переменных в уравнении Шрёдингера для	работа над конспектом лекции; решение задач	выполнение практических работ проверка реферата	6,1,8,4	1

	частицы в центрально-симметричном поле.				
10	Решение дифференциального уравнения второго порядка вблизи обыкновенной точки и регулярной особой точки	работа над конспектом лекции;	выполнение практических работ	6,3,5,1	2
11	Функция Гаусса и вырожденная гипергеометрическая функция	работа над конспектом лекции; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций	выполнение практических работ тесты	2,6,9	1
12	Уравнение Шрёдингера для осциллятора и атома водорода. Полиномы Эрмита и Лагерра.	работа над конспектом лекции; коллоквиум	выполнение практических работ, коллоквиум	3,7	1
13	Асимптотика интегралов. Интеграл Лапласа. Асимптотика гамма-функции Эйлера.	работа над конспектом лекции; подготовка к зачету	выполнение практических работ	2,8,4	1
14	Метод стационарной фазы. Асимптотика функции Бесселя.	работа над конспектом лекции; подготовка к зачету	выполнение практических работ	2,8,4	1

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№№	Наименование работы	Кол-во	Форма
----	---------------------	--------	-------

п/п		часов	контроля
1	Проработка лекционного материала	22	зачет
2	Подготовка к практическим занятиям	20	Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Коллоквиум, контрольная работа	Метод характеристик. Задача Коши. Образование разрывов	УПК-6; ПК-3
2	Коллоквиум, контрольная работа	Понятие характеристик для систем уравнений с двумя переменными. Классификация по типам	УПК-6; ПК-3
3	Коллоквиум, тесты	Приведение гиперболической системы к каноническому виду. Инварианты Римана, простая волна Римана.	УПК-6; ПК-3
4	Коллоквиум, тесты	Метод годографа. Точные решения для политропного газа. Волновое уравнение. Формула Даламбера.	УПК-6; ПК-3
5	Коллоквиум, тесты	Приведение уравнения с двумя переменными к каноническому виду. Приведение многомерных уравнений к каноническому виду. Характеристики гиперболического уравнения	УПК-6; ПК-3
6	Коллоквиум, тесты	Понятие автомодельности. Автомодельные подстановки для уравнений теплопроводности.	УПК-6; ПК-3
7	Коллоквиум, контрольная работа	Разделение переменных. Метод Фурье.	УПК-6; ПК-3
8	Коллоквиум, контрольная работа	Разделение переменных в задаче о круглой мембране. Функции Бесселя.	УПК-6; ПК-3
9	Коллоквиум, контрольная работа	Разделение переменных в уравнении Шрёдингера для частицы в центрально-симметричном поле.	УПК-6; ПК-3
10	Коллоквиум, контрольная работа	Решение дифференциального уравнения второго порядка вблизи обыкновенной точки и регулярной особой точки	УПК-6; ПК-3
11	Коллоквиум, контрольная работа	Функция Гаусса и вырожденная гипергеометрическая функция	УПК-6; ПК-3
12	Коллоквиум,	Уравнение Шрёдингера для	УПК-6; ПК-3

	контрольная работа	осциллятора и атома водорода. Полиномы Эрмита и Лагерра.	
13	Коллоквиум, контрольная работа	Асимптотика интегралов. Интеграл Лапласа. Асимптотика гамма-функции Эйлера.	УПК-6; ПК-3
14	Коллоквиум, контрольная работа	Метод стационарной фазы. Асимптотика функции Бесселя.	УПК-6; ПК-3

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств

7. Вопросы к коллоквиуму

1. Уравнение в частных производных, общее и частное решение.
2. Что такое линейное уравнение, уравнение порядка n , система уравнений?
3. Характеристики линейного однородного уравнения первого порядка.
4. На каких начальных поверхностях можно ставить задачу Коши?
5. Схема вычислений при решении линейного неоднородного уравнения первого порядка методом характеристик?
6. Схема вычислений при решении квазилинейного уравнения методом характеристик.
7. Почему происходит опрокидывание волны в уравнении Хопфа?
8. Соотношения на характеристиках системы линейных уравнений с $N=2$ переменными.
9. Инварианты Римана, простая волна.
10. Вывод формулы Даламбера.
11. Характеристики уравнения второго порядка с $N=2$ переменными.
12. Канонические переменные и канонический вид уравнения второго порядка.
13. Классификация по типам уравнений второго порядка с $N>2$ переменными.
14. Является ли канонический вид уравнений второго порядка единственным?
15. Автомодельное решение уравнения теплопроводности.
16. Уравнение Бюргерса и его решение в виде бегущей волны.
17. Разделение переменных, полное разделение.
18. Метод Фурье для однородного гиперболического уравнения.
19. Метод Фурье для однородного параболического уравнения.
20. Метод Фурье для неоднородного гиперболического уравнения.
21. Метод Фурье для неоднородного параболического уравнения.

Список вопросов, знание которых необходимо для сдачи зачета

1. Общее и частное решение квазилинейного уравнения I порядка.
2. Канонический вид уравнения II порядка. Формула Даламбера.
3. Автомодельное решение уравнения теплопроводности.
4. Метод Фурье для уравнения теплопроводности и волнового уравнения.
5. Разделение переменных в цилиндрических и сферических координатах.
6. Функции Бесселя, полиномы Лежандра и Эрмита.
7. Асимптотика интеграла Лапласа. Метод стационарной фазы.

Пример билета и дополнительных задач

1. Найти асимптотику интеграла $\int \exp(-t^3 - \lambda t^{-3}) dt$, $\lambda \rightarrow \infty$.
2. Решить задачу Коши $u_t + u u_x = u$, $u(x, 0) = x$.
3. Решить задачу Коши $x u_y - y u_x = 1$, $u(1, y) = y^2$.
4. Найти решение уравнения Лапласа в единичном шаре с граничным условием $u|_{r=1} = 3 \cos^2 \theta - 1$.
5. Решить задачу Коши $u_t + u u_x = x$, $u(x, 0) = x$.

Задачи, предлагаемые на контрольных работах

Вариант 1

1. Может ли в группе из 35 элементов быть 7 мерное неприводимое представление?
2. (3 балла) Сколько классов сопряженных элементов в группе O собственных вращений куба? Перечислите эти классы.
3. (4 балла) Сколькими различными способами можно раскрасить грани тетраэдра в 4 различных заданных цвета, каждую грань своим цветом? Различными считаются раскраски, которые нельзя совместить друг с другом вращением тетраэдра.
4. (4 балла) Построить таблицу неприводимых характеров группы, порождаемой двумя элементами 4-го порядка P, Q : $P^4=Q^4=1, P^2=Q^2, QPQ=P$.
5. (2 балла) Три одинаковых грузика на плоскости, расположенные в вершинах равностороннего треугольника, соединены между собой и с центром одинаковыми пружинами. Найти кратности вырождения нормальных колебаний системы.

Вариант 2

1. (2 балла) Может ли в группе Y порядка 60 быть 8 мерное неприводимое представление?
2. (3 балла) Какие подгруппы есть в группе симметрии квадрата? Какие из них инвариантны?
3. (4 балла) Сколькими различными способами можно раскрасить грани октаэдра в 8 различных заданных цветов, каждую грань своим цветом? Различными считаются раскраски, которые нельзя совместить друг с другом вращением октаэдра.
4. (4 балла) Найти порядок группы, порождаемой двумя элементами 4-го порядка P, Q : $P^4=Q^4=1, QPQ=P$.
5. (2 балла) Четыре одинаковых грузика на плоскости, расположенные в вершинах квадрата, соединены между собой и с центром одинаковыми пружинами. Найти кратности вырождения нормальных колебаний системы.

Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины

7.1. Учебная литература:

1. Годунов С.К. Уравнения математической физики. — Москва: Наука, 1971. — 416 с.: ил.
2. Колоколов И.В., Кузнецов Е.А., Мильштейн А.И. и др. Задачи по математическим методам физики. — 2-е изд., испр. — Москва: Эдиториал УРСС, 2002. — 286 с.: ил.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. — Изд. 4-е, испр. — Москва: Наука, 1989. — 767 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. III).
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. — Изд. 3-е, перераб. — Москва: Наука, 1986. — 736 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. VI).

Дополнительная литература

1. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — Москва: Наука, 1984. — 271 с.: ил.
2. Рихтмайер Р. Принципы современной математической физики. Т.1. — М.: Мир, 1982. — 486 с.: ил.
3. Рихтмайер Р. Принципы современной математической физики. Т.2. — М.: Мир, 1984. — 381 с.: ил.
4. Мессиа А. Квантовая механика. Т.1. — М.: Наука, 1978. — 478 с.: ил.
5. Мессиа А. Квантовая механика. Т.2. — М.: Наука, 1979. — 583 с.: ил.
6. Соболев С.Л. Уравнения математической физики. — Изд. 5-е, испр. — М.: Наука, 1992. — 431 с.

7.2. Интернет-ресурсы

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru

«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информιο»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «ЮОрайт»	https://www.biblio-online.ru

7.3. Программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10
2. Microsoft Windows server 2003, 2008, 2012, 2016
3. Microsoft Office 2007, 2010, 2016
4. Антивирусное ПО Kaspersky endpoint security
5. Справочно-правовая система «Гарант»
6. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
7. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
8. Программный продукт «Антивирус Касперского».
9. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
10. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для лекционных и практических занятий (№ 306) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол – 28 шт.; скамья-56 шт
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине «Методы математической физики»

Фонд оценочных средств по дисциплине «Методы математической физики» включает все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать освоение обучающимися профессиональных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, предусмотренных Федеральным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.03.02_ Физика (квалификация «Бакалавр») и рабочей программой дисциплины «Методы математической физики».

Назначение фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств (ФОС) составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Методы математической физики» на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей основной профессиональной образовательной программы (ОПОП). ФОС является составной частью рабочей программы дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Электричество и магнетизм» включает в себя: перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП; описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;
- объективности: разные студенты должны иметь равные возможности добиться успеха.

Основными параметрами и свойствами ФОС являются:

- предметная направленность (соответствие предмету изучения конкретной учебной дисциплины);
- содержание (состав и взаимосвязь структурных единиц, образующих содержание теоретической и практической составляющих учебной дисциплины);
- объем (количественный состав оценочных средств, входящих в ФОС);
- качество оценочных средств и ФОС в целом, обеспечивающее получение объективных и достоверных результатов при проведении контроля с различными целями.

ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ ПО ВИДАМ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование оценочного средства	Характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
УСТНЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА			
1	Собеседование, устный опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема	Вопросы по темам/разделам дисциплины

		знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	
2	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	Доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
ПИСЬМЕННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА			
4	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
5	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
6	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
7	Задача	Это средство раскрытия связи между данными и искомым, заданные условием задачи, на основе чего надо выбрать, а затем выполнить действия, в том числе арифметические, и дать ответ на вопрос задачи	Задания по задачам

А) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ОТВЕТОВ НА УСТНЫЕ ВОПРОСЫ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов	Оценка/зачет
1	1) полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; 3) излагает материал последовательно и правильно.	10	отлично

2	студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет.	8	хорошо
3	студент обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но: 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки	5-6	удовлетворительно
4	студент обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал; отмечаются такие недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом	0	неудовлетворительно

Б) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ

№ п/п	тестовые нормы: % правильных ответов	Количество баллов
1	90-100 %	9-10
2	80-89%	7-8
3	70-79%	5-6
4	50-59%	3-4
5	50-59%	1-2
6	менее 50%	0

В) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов
1	Полное верное решение. В логическом рассуждении и решении нет ошибок, задача решена рациональным способом. Получен правильный ответ. Ясно описан способ решения	9-10
2	Верное решение, но имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение, такие как небольшие логические пропуски, не связанные с основной идеей решения. Решение оформлено не вполне аккуратно, но это не мешает пониманию решения.	7-8
3	Решение в целом верное. В логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок, но задача решена неоптимальным способом или допущено не более двух незначительных ошибок. В работе присутствуют арифметическая ошибка, механическая ошибка или описка при переписывании выкладок или ответа, не исказившие экономическое содержание ответа.	5-6
4	В логическом рассуждении и решении нет ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах. При объяснении сложного экономического явления указаны не все существенные факторы	3-4
5	Имеются существенные ошибки в логическом рассуждении и в решении. Рассчитанное значение искомой величины искажает экономическое содержание ответа. Доказаны вспомогательные утверждения, помогающие в решении задачи.	2

6	Рассмотрены отдельные случаи при отсутствии решения. Отсутствует окончательный численный ответ (если он предусмотрен в задаче). Правильный ответ угадан, а выстроенное под него решение - безосновательно	1
7	Решение неверное или отсутствует	0

Г) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕФЕРАТОВ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов
1	Выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы	9-10
2	Основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объем реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.	7-8
3	Имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы	4-6
4	Тема освоена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.	1-3
5	Тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы	0

Д) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

№ п/п	Критерии оценивания	Количество баллов
1	Абсолютное понимание сути вопросов, безукоризненное знание основных понятий и положений, логически и лексически грамотно изложенные, содержательные, аргументированные и исчерпывающие ответы	19-20
2	Глубокое твердое знание основных понятий и положений по вопросам, структурированные, последовательные, полные, правильные ответы	17-18
3	Глубокие знания материала, правильное понимание сути вопросов, знание основных понятий и положений по вопросам, содержательные, полные и конкретные ответ на вопросы. Наличие несущественных или технических ошибок	15-16
4	Твердые, достаточно полные знания, хорошее понимание сути вопросов, правильные ответы на вопросы, минимальное количество неточностей, небрежное оформление	13-14
5	Твердые, но недостаточно полные знания, по сути верное понимание вопросов, в целом правильные ответы на вопросы, наличие неточностей, небрежное оформление	11-12
6	Общие знания, недостаточное понимание сути вопросов, наличие большого числа неточностей, небрежное оформление	9-10
7	Относительные знания, наличие ошибок, небрежное оформление	5-8

8	Поверхностные знания, наличие грубых ошибок, отсутствие логики изложения материала	1-4
9	Отсутствие ответа, дан ответ на другие вопросы, списывание в ходе выполнения работы, наличие на рабочем месте технических средств, в том числе телефона	0

III ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Тесты/задания

10.3 Домашние задания по курсу «Методы математической физики» (5-й семестр)

ЗАДАНИЕ № 1

1. Вычислить $\exp(a+b\sigma)$, где σ – матрицы Паули, а и b – комплексные скаляр и вектор.
2. Найти решение кинетического уравнения

$$\frac{\partial f}{\partial t} + e \left(\mathbf{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{vH}] \right) \frac{\partial f}{\partial \mathbf{p}} = 0$$

в скрещенных электрическом и магнитном полях $\mathbf{E} \cdot \mathbf{H} = 0$. Как выглядят характеристики?

3. Найти закон колебаний холодного электронного газа относительно однородного неподвижного ионного фона плотности n_0 . Колебания описываются уравнением непрерывно-

сти для плотности электронов $n(x,t)$, уравнением Эйлера для их скорости $u(x,t)$ и уравнением Пуассона для электрического поля $E(x,t)$

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial(nu)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{e}{m} E, \quad \frac{\partial E}{\partial x} = 4\pi e(n_0 - n)$$

При каких начальных значениях амплитуды электрического поля E_0 происходит

опрокидывание, если $u(x,0)=0$, $E(x,0) = \frac{E_0}{1+x^2/d^2}$?

4. Определить тип уравнения $u(u_{xx} - u_{yy}) - 2xu_{xy} - u_y = 0$ привести к каноническому виду и решить задачу Коши $u(0,y) = \frac{1}{chy}$, $u_x(0,y) = 0$. Исследовать разрешимость задачи Коши.

Активал
Чтобы акт

ЗАДАНИЕ № 2

5. Решить задачу Коши для одномерного уравнения теплопроводности на положительной полуоси с начальным условием $u(x,0)=x^4$ и граничным условием $u_x(0,t)=0$.
6. На границе бесконечного цилиндра радиуса R температура осциллирует как $T(t)=T_0 \sin \omega t$. Найти распределение температуры в цилиндре как функцию времени. Исследовать решение при $\omega \gg \chi / R^2$, где χ – температуропроводность.
7. Найти собственные частоты ω колебаний шара радиуса R

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \Delta u = 0, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial r} \right|_{r=R} = 0$$
при условии $\omega R/c \gg 1$.
8. Показать, что уравнение Шрёдингера для двумерного «атома водорода» в электрическом поле F

$$-\frac{1}{2} \Delta \psi - \frac{\psi}{\sqrt{x^2 + y^2}} + Fy\psi = E\psi$$

допускает разделение переменных в параболических координатах $x = \xi \eta, \quad y = \frac{\xi^2 - \eta^2}{2}$.

Найти уровни энергии E и собственные функции ψ связанных состояний при $F=0$. Сравнить с ответом в полярных координатах.

ЗАДАНИЕ № 3

9. Вычислить асимптотику интеграла $\int_0^\infty dx \exp(-x^3/3 + ax)$, где a – комплексная величина, $|a|$ – большой параметр.
10. Найти решение $\psi(x,t)$ уравнения Шрёдингера

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + mgx \psi$$

с начальным условием $\psi(x,0)=A \exp(-|x|/a)$. Исследовать асимптотику на больших временах. С какой скоростью движется центр пакета и как меняется его ширина?

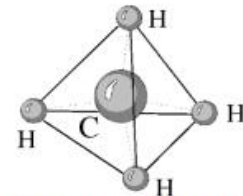
11. Методом усреднения найти эволюцию колебаний маятника, испытывающего трение при прохождении точки $x=a$, и сравнить с точным решением уравнения

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx}{dt} \delta(x-a) + \omega_0^2 x = 0, \quad \gamma \rightarrow 0.$$

Домашние задания по курсу «Методы математической физики» (6-й семестр)

ЗАДАНИЕ № 1

1. Определить порядок и число классов сопряженных элементов группы вращений тетраэдра T . Найти инвариантную подгруппу H и фактор-группу T/H . Построить таблицу неприводимых характеров.
2. Построить таблицу неприводимых характеров полной группы тетраэдра T_d . Найти кратности вырождения частот нормальных колебаний молекулы метана CH_4 .
3. В квантовой механике можно обозначить спиновую волновую функцию электрона как α , если спин направлен “вверх” или β , когда спин направлен “вниз”. Состояния α и β ортогональны. Для системы из трех электронов можно сформировать волновые функции вида $\alpha(1)\alpha(2)\alpha(3)$, $\alpha(1)\alpha(2)\beta(3)$ и т.д., всего 8 волновых функций. Эти волновые функции преобразуются друг через друга под действием элементов группы подстановок P_3 . Разложить данное представление на неприводимые.



ЗАДАНИЕ №2

4. Вывести правила отбора для матричных элементов электрического дипольного момента в

полиномов. Разложить исходное представление на неприводимые и выразить базис последних через сферические функции Y_{lm} .

6. Разложить на неприводимые представление группы вращений $SO(3)$ на тензорах третьего ранга в трехмерном пространстве. Рассмотреть полностью симметричную часть. Приводима ли она?

7. Центробежная поправка в гамильтониане многоатомной молекулы имеет вид $V = \sum_{ijkl} \tau_{ijkl} J_i J_j J_k J_l$, где J_i – вектор углового момента, τ_{ijkl} – симметричный тензор.

Сколько независимых компонент содержит тензор τ , если молекула имеет симметрию треугольника D_3 ?

8. Две переменные z_1, z_2 преобразуются вещественной матрицей из группы $G=SL(2)$

$$\begin{pmatrix} z_1' \\ z_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix}, \quad ad - bc = 1.$$

Найти генераторы $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_3$ группы G в представлении на функциях $w(z_1, z_2)$ и их коммутационные соотношения. Найти оператор Казимира, коммутирующий со всеми генераторами. Найти собственные функции оператора Казимира. Построить повышающий и понижающий операторы для \hat{I}_3 .

ЗАДАНИЕ № 3

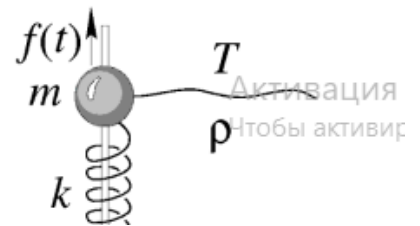
9. Найти функцию Грина и решение уравнения $y''' = f(x)$ с граничными условиями $y(0)=a$, $y(l)=0$, $y'(0)+y'(l)=0$.

10. Найти функцию Грина неоднородного уравнения теплопроводности на поверхности цилиндра радиуса R :

$$u_t = \chi \Delta u + f(z, \varphi, t).$$

Выписать решение задачи с источником $f = Q\delta(z - Vt)$.

11. Найти функцию Грина второго рода $G(x, t|t')$ механической системы, состоящей из шарика, скользящего по вертикальной спице, соединенного с пружинкой и полубесконечной струной, натянутой вдоль оси x .



Задачи, предлагаемые на контрольных работах (5-й семестр)

Вариант 1

1. (2 балла) Найти $\operatorname{tg} \begin{pmatrix} 1 & x \\ x & 1 \end{pmatrix}$.
2. (4 балла) Решить задачу Коши $u_t + uu_x = 1, u(x, 0) = \pm \frac{x}{1+x^2}$. Когда произойдет опрокидывание?
3. (2 балла) Определить тип и привести к каноническому виду $x^2 u_{xx} + xu_x + u_{yy} = 0$.
4. (3 балла) Найти автомодельную подстановку $u_t = u_{xx}, u(x, 0) = \delta(x)$.
5. (3 балла) Найти решение уравнения малых колебаний струны $u_{tt} - u_{xx} = 0, u(0, t) = u_x(1, t) = 0$ с начальными условиями $u(x, 0) = x - \frac{x^2}{2}, u_t(x, 0) = 0$.

Вариант 2

1. (2 балла) Найти $\operatorname{arctg} \begin{pmatrix} x & x \\ 2x & 1 - 2x \end{pmatrix}$.
2. (4 балла) Решить задачу Коши $u_t + uu_x = 1, u(x, 0) = 1/(1 + \exp(\alpha x))$. Когда произойдет опрокидывание?
3. (2 балла) Определить тип и привести к каноническому виду $xu_{xx} + uu_{yy} + u_x + u_y = 0$.
4. (3 балла) Найти автомодельную подстановку $u_t = u_{xx}, u(x, 0) = \delta(x)$.
5. (3 балла) Найти решение уравнения малых колебаний струны $u_{tt} - u_{xx} = 0, u(0, t) = u(1, t) = 0$ с начальными условиями $u(x, 0) = x - x^2, u_t(x, 0) = 0$.

Дополнительные задачи по курсу «Методы математической физики» (5-й семестр)

1. Найти $J_0(\sigma_2 x)$, где σ_2 – матрица Паули.
2. Найти момент опрокидывания решения уравнения Хопфа $u_t + uu_x = 0, u(x, 0) = \sin x$.
3. Определить тип и привести к каноническому виду $x^2 u_{xx} - 2xu_{xy} + y^2 u_{yy} = 0$.
4. Решить задачу Коши $u_t + e^x u_x = u, u|_{x \rightarrow \infty} = e^{-t^2}$.
5. Найти автомодельную подстановку для уравнения $u_t = u_{xx}, u(x, 0) = \delta(x)$.
6. Сводится ли уравнение Эйри $y'' = xy$ к гипергеометрическому?
7. Сводится ли к гипергеометрическому уравнение $(ax^2 + bx + c)y'' + Axy' + By = 0$?
8. Разделить переменные двумерного уравнения Гельмгольца $\Delta u + k^2 u = 0$ в эллиптических координатах $x = \operatorname{ch} \alpha \cos \beta, y = \operatorname{sh} \alpha \sin \beta$. Сводится ли получившееся уравнение к гипергеометрическому?
9. Найти асимптотику интеграла $\int_{\gamma}^{\infty} \exp(iqx - \sqrt{q^2 - 1}y) \frac{dq}{\sqrt{q^2 - 1}}$ при $x^2 + y^2 = r^2 \rightarrow \infty$.
Контур γ обходит разрез $(-\infty, -1)$ по верхнему, а $(+1, +\infty)$ по нижнему берегу.
10. Найти асимптотику интеграла $\int_n^{\infty} \exp(px - e^x) \frac{dx}{x}, p \rightarrow \infty$.

Шкала оценивания, показатели и критерии оценивания образовательных результатов обучающегося

Шкала оценивания	Показатели и критерии оценивания
5, «отлично»	Студентом дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок.

4, «хорошо»	Студентом дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.
3, «удовлетворительно»	Студентом дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.
2, «неудовлетворительно»	Студентом дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено. Т.е студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.

Рабочая программа дисциплины «Методы математической физики» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от « 07 » августа 2020 г. № 891.

Программу составила: к.ф-м.н., доцент кафедры «Физика» М. А. Нальгиева

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 8 от « 11 » марта 2025 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

Протокол № 7 от « 13 » марта 2025 года

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой

