

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Методы математической физики**

Кафедра теоретической и вычислительной физики,

**Образовательная программа бакалавриата**

*03.03.02 Физика*

Направление (профили) программы

*Фундаментальная физика, Медицинская физика*

Форма обучения

*очная*

Статус дисциплины:

*Входит в обязательную часть ОПОП*

Махачкала 2022

Рабочая программа дисциплины «Методы математической физики» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» от «7» августа 2020г. № 891.

Разработчик: кафедра теоретической и вычислительной физики,  
Аливердиев Абутраб Александрович, д.ф.-м.н., профессор,

**Рабочая программа дисциплины одобрена:** на заседании кафедры теоретической и вычислительной физики 21 марта 2022г., протокол №7.

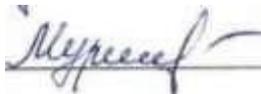
Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «23» марта 2022г., протокол №7

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим управлением « 31» марта 2022г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы математической физики» входит в обязательную часть базовый модуль направления образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 «Физика».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и вычислительной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением различных физических процессов, к которым относятся явления, изучаемые в гидродинамике, электродинамике, механике сплошных сред и т.д.

Методы исследования характеризующие данную науку, является математическими по своему существу. Но постановка задач математической физики тесно связано с изучением физических проблем и имеет свои специфические особенности. В частности, начальная и конечная стадии процесса носят качественно различный характер и требует применения различных математических методов.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:  
ОПК-1, ПК-3, ПК-7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов и коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					КСР		
		Всего	из них						
	Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
6	108	62	28	-	34	-	-	36/10	Экзамен

### 1. Цели освоения дисциплины

Методы математической физики – является одной из обязательных дисциплин необходимых для успешного освоения предметов теоретической физики, который

и входит в число профессионального цикла «Теоретическая физика».

Задачей дисциплины является создание фундаментальной базы знаний, в основе которой положено развивать углубленное изучение не только отдельных разделов теоретической физики, но и специализированных дисциплин.

Первая – это мировоззренческая и методологическая направленность курса, которая способствует формированию у студентов единую, стройную картину окружающего нас мира природы. Для этого необходимо обобщение имеющихся экспериментальных данных и сопоставление их с рассчитываемыми аналитически результатами, которые требуют широкое применение математических методов.

Во-вторых, в рамках единого подхода классической теоретической физики необходимо рассматривать все основные явления и физические процессы, происходящие в природе, установить связь между ними с точки зрения подхода к решению задач и вывести качественные закономерности, получить выражения в виде уравнений.

В-третьих, необходимо получить студентов самостоятельно применять полученные теоретические знания для решения конкретных задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина входит в обязательную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 «Физика», и является обязательной для изучения. Она является основополагающей вместе с такими дисциплинами как: математический анализ, дифференциальное и интегральное исчисление, механика, электричество, оптика, квантовая механика. Курс посвящен изучению проблем решения задач физики, которые приводятся к уравнениям с частными производными.

Требования к первоначальному уровню подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины:

Уровень «знать»:

- Функциональный, структурный и ориентированный подходы и основные понятия методов математической физики;
- Основные требования о математических методах, используемых при изучении явлений и процессов, происходящих в природе;
- Основные уравнения и методы их решения.

Уровень «уметь»:

- Составить уравнения гиперболического, параболического и эллиптического типа;
- Уметь использовать различные методы для решения конкретных задач физики;
- Получение выражений для специальных функций, которые часто встречаются при решении конкретных задач теоретической физики.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	<p><b>Знает:</b> физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники.</p> <p><b>Умеет:</b> выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.</p>	Письменный опрос

	<p>ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Знает:</b> основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; - новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. <b>Умеет:</b> реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. <b>Владеет:</b> навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.</p>	
	<p>ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит необходимые коррективы.</p>	<p><b>Знает:</b> основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. <b>Умеет:</b> выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. <b>Владеет:</b> - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.</p>	

ПК-3. Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности	ПК-3.1. Использует теоретические и практические знания для постановки и решения педагогических задач в предметной области и в области образования	<b>Знает:</b> содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, методика преподавания предмета.)	Разноуровневые задачи и задания
	ПК-3.2. Способен соотносить основные этапы развития предметной области с ее актуальными задачами, методами и концептуальными подходами, тенденциями и перспективами ее современного развития		
	ПК-3.3. Способен выделять структурные элементы, входящие в систему познания предметной области, анализировать их в единстве содержания, формы и выполняемых функций	<b>Умеет:</b> анализировать базовые предметные представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов. <b>Владеет:</b> навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач.	

ПК-7. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики смежных с физикой науках	ПК-7.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий исследований	<b>Знает:</b> теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. <b>Умеет:</b> самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-	Устный опрос, письменный опрос
---	--	---	--------------------------------

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы - 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1.</b> Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Уравнения гиперболического и параболического типа.									
1.	Дифференциальные уравнения с частными производными 2 <sup>го</sup> порядка с двумя независимыми переменными.	6		2	2			2	опрос
2.	Однородные и неоднородные дифференциальные уравнения.			2	2			2	опрос
3.	Задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа.			4	4			2	опрос
4.	Метод разделения переменных. Метод распространяющихся волн.			4	4			2	опрос

5.	Задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Метод разделения переменных.			2	2				опрос
<b>Итого по модулю 1</b>				14	14			8	коллоквиум
<b>Модуль 2. Уравнения эллиптического типа. Распространение тепла в пространстве. Уравнения Лапласа.</b>									
1.	Физические задачи, приводящие к уравнению эллиптического типа.	6		4	4				опрос
2.	Свойства гармонических функций.			4	4				опрос
3.	Теория потенциала.			2	4				опрос
4.	Распространение тепла в ограниченных средах.			2	4				опрос
5.	Краевые задачи. Краевые задачи для уравнения Лапласа.			2	4			2	опрос
<b>Итого по модулю 2</b>				14	20			2	коллоквиум
<b>Модуль 3. Подготовка к экзамену.</b>								36	экзамен
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>	<b>28</b>	<b>34</b>				<b>10</b> <b>/3</b> <b>6</b>	

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

##### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

##### **Модуль 1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Уравнения гиперболического и параболического типа.**

Дифференциальные уравнения с частными производными 2<sup>го</sup> порядка. Уравнения с двумя независимыми переменными. Уравнения с двумя независимыми переменными. Каноническая форма линейных уравнений с постоянными коэффициентами. Однородные и неоднородные уравнения. Задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Уравнения поперечных колебаний струны. Энергия колебаний струны. Постановка краевых задач. Метод разделения переменных для уравнения свободных колебаний струны. Общая схема метода разделения переменных. Метод распространяющихся волн и уравнение Даламбера. Физическая интерпретация. Физические задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Метод разделения переменных. Функция источника. Постановка краевых задач.

##### **Модуль 2. Уравнения эллиптического типа. Распространение тепла в пространстве. Уравнения Лапласа.**

Физические задачи, приводящие к уравнению эллиптического типа. Постановка краевых задач. Гармонические функции и их свойства. Формулы Грина. Теория потенциала. Объемный и логарифмический потенциалы. Задачи электростатики. Функция температурного влияния. Распространение тепла в неограниченном пространстве. Метод разделения переменных. Краевые задачи. Формула Грина.

Тепловые потенциалы. Краевые задачи для уравнения Лапласа. Метод функций Грина для задачи Дирихле (трехмерный случай). Метод функций Грина для задачи Дирихле (двумерный случай). Задача Дирихле для круга и метод Фурье.

**Модуль 3. Метод конечных разностей. Специальные функции.**

Основные понятия. Сетки и сеточные функции. Разностная задача. Схемы для уравнений с постоянными коэффициентами. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. Метод конечных разностей для задачи Дирихле. Многомерные схемы. Цилиндрические функции. Степенные ряды. Рекуррентные формулы. Краевые задачи для уравнения Бесселя. Интеграл Фурье – Бесселя. Полиномы Лежандра. Уравнение Лежандра. Свойства полиномов Лежандра. Гармонические полиномы. Полиномы Чебышева – Эрмита и Чебышева – Лагерра.

**4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.**

<b>Модуль 1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Уравнения гиперболического и параболического типа.</b>		
<b>Название темы</b>	<b>Содержание темы</b>	<b>Объем в часах</b>
Дифференциальные уравнения с частными производными.	Дифференциальные уравнения с двумя независимыми переменными. Уравнения со многими переменными.	2
	Приведение линейных уравнений к каноническому виду. Однородные и неоднородные дифференциальные уравнения.	2
Физические задачи приводящие к уравнениям параболического типа.	Уравнение поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний струны. Уравнения гидродинамики. Граничные и начальные условия.	2
Метод разделения переменных.	Уравнение свободных колебаний струны. Интерпретация решения. Стоячие волны.	2
	Общая первая краевая задача. Общая схема метода разделения переменных. Формула Даламбера и ее физическая интерпретация. Интегральное уравнение колебаний. Неоднородное уравнение.	2
Физические задачи, приводящие к уравнениям параболического типа.	Задача о распространении тепла. Распространение тепла в пространстве. Постановка краевых задач.	2

Метод разделения переменных для уравнений параболического типа.	Краевые задачи. Функция источника. Неоднородное уравнение теплопроводности. Общая первая краевая задача.	2
	Температурные волны. Метод подобия в теории теплопроводности. $\delta$ – функция и ее свойства.	2
<b>Модуль 2. Уравнения эллиптического типа. Распространение тепла в пространстве. Уравнения Лапласа.</b>		
Задачи, приводящие к уравнению эллиптического типа.	Линейная задача о распространении тепла. Уравнение диффузии. Распространение тепла в пространстве. Постановка задач.	2
Гармонические функции.	Формулы Грина. Основные свойства гармонических функций. Интегральное представление решения.	2
Теория потенциала.	Объемный и поверхностный потенциалы. Логарифмический потенциал. Свойства потенциала простого слоя.	2
Распространение тепла в пространстве.	Распространение тепла в ограниченных средах. Схема разделения переменных. Функция температурного влияния.	2
Краевые задачи.	Формулы Грина для уравнения теплопроводности. Функция источника. Тепловые потенциалы. Решение кривой задачи.	2
Краевые задачи для уравнения Лапласа.	Уравнения Лапласа в криволинейной системе координат. Частные решения уравнения Лапласа. Гармонические функции.	2
Метод функции Грина для задачи Дирихле.	Формулы Остроградского - Гауса. Функция Грина и ее свойства. Нахождение функции Грина для различных задач.	2

## 5. Образовательные технологии

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для подготовки к занятиям также подготовлен электронный курс лекций, который в скором времени разместят на сайте ДГУ. Данный электронный курс лекция будет способствовать подготовке к сдаче зачета.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### **Самостоятельная работа студентов:**

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера.

<b>Разделы и темы для самостоятельного изучения</b>	<b>Виды и содержание самостоятельной работы</b>
Классификация дифференциальных уравнений 2 <sup>го</sup> порядка в частных производных.	Уметь определить по виду уравнения, к какому типу оно относится. Какие физические задачи могут быть отнесены к различным типам уравнений. Рассмотреть случаи уравнений в частных производных второго порядка с двумя и более независимыми переменными. Уметь приводить уравнения к каноническому виду. Рассмотреть линейные и нелинейные уравнения математической физики, а также однородные и неоднородные уравнения и их примеры.

<p>Уравнения гиперболического типа.</p>	<p>Какие физические задачи приводят к уравнениям гиперболического типа, какова схема их решения. Уметь вывести уравнения для свободных колебаний струны. Разобраться в решении уравнения для (поперечных) колебаний струны используя метод разделения переменных. Освоить метод Фурье (разделения переменных). Рассмотреть вопросы, связанные с методом распространяющихся волн. Уметь интерпретировать, полученные при решении уравнения Даламбера, результаты.</p>
<p>Уравнения параболического типа.</p>	<p>Рассмотреть физические задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Почему эти уравнения носят название «параболический тип». Рассмотреть уравнения теплопроводности и диффузии, уметь выводить эти уравнения. Кроме того, необходимо овладеть техникой решения таких уравнений используя метод разделения переменных. Уметь сформулировать постановку краевых задач для уравнений параболического типа.</p>
<p>Уравнения эллиптического типа.</p>	<p>Приводить примеры задач, приводящих к уравнениям эллиптического типа и знать смысл постановки краевых задач. Знать, что значит гармоническая функция, и каким условиям она должна удовлетворять. Вспомнить о формулах Остроградского – Гаусса и на их основе получить формулу Грина. Показать на примере, что функция <math>\frac{1}{r}</math> является гармонической. Рассмотреть теорию потенциала и задачи электростатики.</p>
<p>Распространение тепла в пространстве.</p>	<p>Рассмотреть функцию температурного влияния, как в неограниченном, так и в ограниченном пространствах. Уметь использовать формулу Грина для уравнения теплопроводности на практике. Разобраться в вопросах методов решения краевых задач теплопроводности и теплового потенциала. Уметь ставить задачу и с начальными условиями.</p>

Уравнение Лапласа и задача Дирихле.	Рассмотреть краевые задачи для уравнения Лапласа и метод функций Грина для задачи Дирихле, как в трехмерном, так и в двумерном случаях. Использовать метод Фурье для решения задачи Дирихле уравнения Лапласа. Рассмотреть различные варианты задачи Дирихле для уравнения Лапласа.
Метод конечных разностей и разностные методы решения задач.	Основные понятия метода конечных разностей и разностные схемы для уравнения теплопроводности. Двухслойные и трехслойные схемы. Метод прогонки. Разобраться в методе конечных разностей для решения задачи Дирихле. Рассмотреть многомерные схемы. Знать методы решения систем разностных уравнений.
Специальные функции и полиномы.	Разобраться в общем уравнении теории специальных функций. Рассмотреть цилиндрические и сферические функции. Рассмотреть краевые задачи для уравнения Бесселя, а также функции Ханкеля и Неймана. Знать возникновение полиномов Лежандра и свойства этих полиномов. Иметь четкие представления о полиномах Чебышева – Эрмита и Чебышева – Лагера.

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (зачет). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Типовые контрольные задания**

#### **7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.**

1. По какому принципу подразделяются уравнения математической физики?
2. Для чего нужно приводить уравнения к каноническому виду?
3. Какие уравнения называются квазилинейными?
4. Какой вид имеет уравнение колебаний струны?
5. Как выводятся уравнения электрических колебаний в проводах?
6. Что такое телеграфное уравнение?

7. Для чего нужны граничные и начальные условия при решении уравнений математической физики?
8. Какой вид имеет формула Даламбера?
9. Что значит «устойчивость» решения?
10. В чем заключается метод разделения переменных?
11. Что означает «стоячие волны»?
12. Как формулируется краевая задача на собственные значения?
13. Что означает «ударная волна»?
14. Какой вид имеет уравнение теплопроводности?
15. Какое уравнение описывает распространение тепла в пространстве?
16. Что такое коэффициент диффузии?
17. Как формулируется краевая задача для уравнений параболического типа?
18. Что означает функция источника?
19. Какой вид  $u$  неоднородного уравнения теплопроводности?
20. Дать определение  $\delta$  – функции.
21. Что означает стационарное тепловое поле?
22. Какие физические задачи приводят к уравнению Лапласа?
23. Какой вид имеет уравнение Лапласа в сферических координатах?
24. Что такое гармоническая функция?
25. Какими основными свойствами обладают гармонические функции?
26. Какой вид имеет формула Грина?
27. Для чего нужна Функция Грина и какой ее вид?
28. Как формулируется задача Дирихле для уравнения Лапласа?
29. В чем заключается метод функции Грина для задачи Дирихле?
30. В чем заключается метод Фурье для уравнения Лапласа?
31. Как сформулировать задачу Дирихле для круга?
32. Какими основными свойствами обладает функция источника?
33. Что такое логарифмический потенциал?
34. Каким уравнением можно описать распространение волн в пространстве?
35. Какой вид имеет формула Пуассона?
36. Какие задачи приводят к уравнению эллиптического типа?
37. В чем заключается метод конечных разностей?
38. Что такое «сетка» и «сеточные функции»?
39. Как формулируется разностная задача?
40. Какова разностная схема для уравнения с постоянными коэффициентами?
41. В чем заключается метод прогонки?
42. В чем заключается метод конечных разностей для решения задачи Дирихле?
43. Какой имеет вид общее уравнение теории специальных функций?
44. Что такое собственная функция и собственное значение оператора?
45. Какой вид имеет уравнение цилиндрических функций?
46. Уравнение Бесселя и краевые задачи для него.

47. Записать выражения для функции Ханкеля 1-го и 2-го порядка.
48. Какой вид имеют цилиндрические функции мнимого аргумента?
49. Какими свойствами обладает гамма-функция?
50. В связи с чем были введены сферические функции?
51. Какой вид имеют полиномы Лежандра?
52. Какими свойствами обладают полиномы Лежандра?
53. Каким способом выводятся сферические функции?
54. Какой вид имеют полиномы Эрмита?
55. Какой вид имеют полиномы Чебышева-Лагерра?

### **7.1.2. Перечень вопросов к зачету.**

1. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка.
2. Линейные и нелинейные уравнения математической физики.
3. Приведение дифференциальных уравнений к каноническому виду.
4. Уравнение поперечных колебаний струны.
5. Электрические колебания в проводах.
6. Телеграфное уравнение.
7. Начальные и конечные условия.
8. Физическая интерпретация звуковых волн.
9. Метод разделения переменных. Общая схема.
10. Уравнение теплопроводности.
11. Уравнение диффузии.
12. Функция источника.
13.  $\delta$ -функция и ее свойства.
14. Уравнение Лапласа в декартовых и сферических координатах.
15. Физические задачи, приводящие к уравнению Лапласа.
16. Необходимые условия гармоничности функции. Свойства гармонических функций.
17. Формула Грина.
18. Функция Грина.
19. Метод функций Грина для задачи Дирихле.
20. Метод Фурье для уравнения Лапласа.
21. Распространение волн в пространстве.
22. Объемный и логарифмический потенциалы.
23. Физические задачи, приводящие к уравнению эллиптического типа.
24. Функция источника и ее основные свойства.

**7.1.3. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.**

1. Определить порядок уравнения:  $u_{xy}^2 - 2xy = 0$

1) первый, 2) второй, 3) третий, 4) нулевой.

2. Определить тип уравнения:  $u_{xx} + 2u_{xy} + u_{yy} + u_x + u_y + 2u + x^2 y = 0$

1) параболический,  
2) гиперболический,  
3) эллиптический,  
4) смешанный.

3. Определить тип уравнения:  $2u_{xy} - 2u_{xx} + 2u_{yy} + 4u_{xz} + 5u_{zz} - xu_x + uu_z = 0$

1) гиперболический,  
2) параболический,  
3) эллиптический.

4. Определить тип системы уравнений:  $2u_x + 3u_y - 3v_y + u = 0$

Что означает аддитивная термодинамическая величина.

1) параболический,  
2) гиперболический,  
3) эллиптический.

5. Привести к каноническому виду уравнение:  $u_{xx} + 2u_{xy} + 5u_{yy} - 32u = 0$

1)  $v_{\xi\xi} + u_{\eta\eta} - 8v = 0, \quad \xi = x - y, \quad \eta = 2x,$   
2)  $v_{\xi\xi} + u_{\eta\eta} - 8v = 0, \quad \xi = x + y, \quad \eta = -2x,$   
3)  $v_{\xi\xi} + u_{\eta\eta} - 4v = 0, \quad \xi = x - y, \quad \eta = 2x.$

6. Найти выражение оператора Лапласа в сферических и цилиндрических координатах:

$$1) \Delta U = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2},$$

$$2) \Delta U = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial U}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2},$$

$$3) \Delta U = \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial U}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2},$$

$$4) \Delta U = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2},$$

7. Основное неравенство термодинамики записывается в виде:

$$1) TdS > dE + \sum_i A_i da_i, \quad 2) TdS \leq dE + \sum_i A_i da_i, \quad 3) \delta Q \geq dE + \delta A,$$

8. Имеет место соотношение между производными термодинамических величин:

$$1) \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_P = \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_S, \quad 2) \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_S = \left( \frac{\partial V}{\partial S} \right)_P, \quad 3) \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_S = \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_V, \quad 4) \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V.$$

9. Можно написать, что:

$$1) \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T, \quad 2) \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T, \quad 3) \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \left( \frac{\partial P}{\partial S} \right)_T,$$

$$4) \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_T, \quad 5) \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_T.$$

10. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для энергии имеет вид:

$$1) E = F - T \left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)_V, \quad 2) E = F + T \left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)_V, \quad 3) E = F - \left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)_P, \quad 4) E = F + \left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)_P,$$

$$5) E = F - \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V.$$

11. Можно показать, что:

$$1) \left( \frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V, \quad 2) \left( \frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = -T \left( \frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V, \quad 3) \left( \frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = \frac{\partial^2 P}{\partial T^2},$$

$$4) \left( \frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = T \frac{\partial^2 V}{\partial T^2}, \quad 5) \left( \frac{\partial C}{\partial V} \right)_T = T \frac{\partial^2 P}{\partial T^2}.$$

12. Определить уравнение адиабаты для газа Ван-дер-Ваальса

$$1) (V-b) \exp \left( - \frac{C}{V} \right) = const, \quad 2) (V-b)^R \exp \left( - \int \frac{C}{V} \right) = const,$$

$$3) (V-b)^R \exp \left( - \frac{E}{T} \right) = const, \quad 4) (V-b)^R \exp(-C) dT = const,$$

$$5) (V-b)^R \exp \left( - \int \frac{C}{V} dT \right) = const.$$

**13.** Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы записывается в виде:

1)  $S = S' + S''$ , 2)  $S_1 = S_2$ , 3)  $T_1 = T_2$ , 4)  $P_1 = P_2$ ,  $\mu_1(P, T) = \mu_2(P, T)$

**14.** Матрица устойчивости равновесия имеет вид:

1)  $\begin{vmatrix} \Delta T & \Delta S \\ \Delta V & \Delta P \end{vmatrix} > 0$ , 2)  $\begin{vmatrix} \Delta T & \Delta P \\ \Delta V & \Delta S \end{vmatrix} > 0$ , 3)  $\begin{vmatrix} \Delta T & \Delta S \\ \Delta V & \Delta P \end{vmatrix} < 0$ , 4)  $\begin{vmatrix} \Delta T & \Delta P \\ \Delta S & \Delta V \end{vmatrix} < 0$ , 5)  $\begin{vmatrix} \Delta S & \Delta T \\ \Delta E & \Delta P \end{vmatrix} > 0$

**15.** Можно написать соотношение.

1)  $\left( \frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_T = -T \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P$  2)  $\left( \frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_T = T \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P$  3)  $\left( \frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_T = \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P$   
 4)  $\left( \frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_T = - \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P$  5)  $\left( \frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_T = T \left( \frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V$

**16.** Уравнение Клапейрона-Клаузиуса имеет вид:

1)  $\frac{dP}{dT} = \frac{S_2 - S_1}{P_2 - P_1}$ , 2)  $\frac{dP}{dT} = \frac{S_2 - S_1}{V_2 - V_1}$ , 3)  $\frac{dP}{dT} = \frac{g_2 - g_1}{S_2 - S_1}$ , 4)  $\frac{dP}{dT} = T \frac{g_2 - g_1}{S_2 - S_1}$ ,

5)  $\frac{dP}{dT} = T \frac{S_2 - S_1}{g_2 - g_1}$ .

**17.** Работа на единицу объема изотропного магнетика, совершаемая при изменении в нем индукции поля, равна:

1)  $\delta A = \frac{1}{4\pi} \left( \vec{H} \cdot d\vec{B} \right)$ , 2)  $\delta A = \frac{1}{4\pi} \left( \vec{B} \cdot d\vec{H} \right)$ , 3)  $\delta A = -\frac{1}{4\pi} \left( \vec{H} \cdot d\vec{B} \right)$ ,

4)  $\delta A = -\frac{1}{4\pi} \left( \vec{B} \cdot d\vec{H} \right)$ , 5)  $\delta A = \left( \vec{H} \cdot d\vec{B} \right)$ .

**18.** Химический потенциал  $\mu$  можно определить как:

1)  $\mu = \left( \frac{\partial E}{\partial N} \right)_{P,S}$  2)  $\mu = \left( \frac{\partial E}{\partial N} \right)_{V,T}$  3)  $\mu = \left( \frac{\partial E}{\partial N} \right)_{S,V}$  4)  $\mu = \left( \frac{\partial E}{\partial N} \right)_{P,S}$  5)  $\mu = \left( \frac{\partial E}{\partial N} \right)_{S,T}$

**19.** Химический потенциал это есть:

- 1) энергия, приходящая на единицу объема системы.
- 2) термодинамический потенциал, приходящаяся на одну частицу системы из одинаковых частиц.
- 3) энергия, отнесенная к одной частице любой системы.
- 4) внутренняя энергия, отнесенная к частицам системы.
- 5) термодинамический потенциал, отнесенный ко всей системе.

**20.** Под фазовым переходом 2 рода мы понимаем:

- 1) переход, при котором скачкообразно изменяется теплоемкость системы, а коэффициент теплового расширения нет.
- 2) переход, при котором скачкообразно изменяются первые производные термодинамического потенциала.
- 3) переход, при котором скачкообразно изменяется как первые, так и вторые производные термодинамического потенциала.
- 4) переход, при котором скачкообразно изменяется объем системы.
- 5) переход, при котором скачкообразно изменяется как энтропия, так и объем.

**21.** Под фазовым переходом 1 рода понимается.

- 1) переход из жидкого состояния в газообразное при температуре кипения.
- 2) переход из твердого состояния в жидкое при точке плавления.
- 3) переход, при котором скачкообразно изменяется энтропия системы.
- 4) переход, при котором скачкообразно изменяются первые производные термодинамического потенциала  $\Phi$ .
- 5) переход, при котором скачкообразно изменяются вторые производные энтропии системы.

**22.** Пользуясь свойствами Якобианов можно получить

$$1) \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = T \left( \frac{\partial P}{\partial S} \right)_P, \quad 2) \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_P}{C_V} \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T, \quad 3) \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_V}{C_P} \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T, \quad 4)$$

$$\left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_S = \frac{C_P}{C_V} \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T.$$

**23.** Модуль упругости определяется как:

$$1) K = \frac{\partial P}{\partial V}, \quad 2) K = -\frac{\partial P}{\partial V}, \quad 3) K = -V \frac{\partial P}{\partial V}, \quad 4) K = \frac{\partial V}{\partial P}, \quad 5) K = -\frac{\partial V}{\partial P}.$$

**24.** Уравнение первого начала термодинамики записывается в виде:

$$1) Q = U + A, \quad 2) \delta Q = \delta U + \delta A, \quad 3) \delta Q = dU + dA, \quad 4) \delta Q = dU + \delta A, \quad 5) \delta Q = dU - \delta A$$

**25.** Вычислить  $C_p - C_v$  для газа Ван-дер-Ваальса

$$1) \frac{R}{1 - 2a(V-b)^2} \cdot \frac{1}{RTV^3}, \quad 2) \frac{R}{1 - 2a(V-b)^2}, \quad 3) \frac{R}{2a(V-b)^2} RTV^3, \quad 4) \frac{R}{1 - 2a(V-b)^3}, \quad 5) \frac{R}{2a(V-b)^2}.$$

**26.** Какова связь между  $\Omega$  и  $F$  ?

$$1) \Omega = F + PV, \quad 2) \Omega = F - PV, \quad 3) \Omega = F + \mu N, \quad 4) \Omega = F - \mu N, \quad 5) \Omega = F + TS.$$

27. Большой термодинамический потенциал является функцией переменных.

- 1)  $T, P, \mu$ , 2)  $T, V, N$ , 3)  $T, V, \mu$ , 4)  $T, S, \mu$ , 5)  $T, S, N$ .

28. Показать, что в системе с  $S = const$  и  $P = const$  равновесие наступает:

- 1) при минимуме  $H$ , 2) при максимуме  $H$ , 3) при минимуме  $E$ , 4) при максимуме  $E$ , 5) при минимуме  $\Phi$ .

29. Элементарная работа на единицу объема диэлектрика, совершаемая при

- 1)  $\delta A = \frac{1}{4\pi} (D, dE)$ , 2)  $\delta A = -\frac{1}{4\pi} (E, dD)$ , 3)  $\delta A = \frac{1}{4\pi} (E + D)$   
 4)  $\delta A = \frac{1}{4\pi} (E, dD)$ , 5)  $\delta A = -\frac{1}{4\pi} (E + D)$

30. Энтропия системы является:

- 1) функций состояния системы,
- 2) функций процесса,
- 3) характеристика равновесия системы,
- 4) определяет устойчивое равновесие системы,
- 5) определяют состояние системы.

## 7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,
- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### *а) основная литература:*

1. Аполлонский С.М. Электромагнитные поля технического оборудования. Том I. Методы математической физики и их использование при расчетах электромагнитных полей [Электронный ресурс] : монография / С.М. Аполлонский. — Электрон. текстовые данные. — М. : Русайнс, 2016. — 280 с. — 978-5-4365-0733-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61685.html>
2. Дорохова М.А. Методы математической физики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Дорохова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Научная книга, 2012. — 127 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8206.html>
3. Методы математической физики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.В. Гриняев [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. — 148 с. — 978-5-4332-0055-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13862.html>
4. Бутко Я.А. Элементы функционального анализа и методы математической физики. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Я.А. Бутко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 68 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31331.html>

### *б) дополнительная литература:*

1. Кубо Р. Статистическая механика. Современный курс с задачами и решениями. Изд-во: КомКнига. 2007 г.
2. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 3: Теория неравновесных систем. Изд-во: Эдиториал УРСС. 2011 г.
3. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 4: Квантовая статистика. Изд-во: КомКнига. 2010 г.
4. Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Изд-во НГУ, Сиб.унив.изд-во, 2001. - 608 с.

5. Караваев Г. Ф., Герасимов В. В. Основы термодинамики и статистической физики в задачах с решением. Изд-во: Феникс. 2012 г.
6. Варикаш В.М., Болсун А.И., Аксенов В.В. Сборник задач по статистической физике. Изд-во: Едиториал УРСС. 2011 г.
7. Базаров И.П, Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Задачи по термодинамике и стат. физике, М.: изд. «Высшая школа», 1997
8. Гладков С. О. Сборник задач по теоретической и математической физике Изд-во: ФИЗМАТЛИТ. 2010 г.
9. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 1. Теория равновесных систем. Термодинамика Т 1. Изд-во: Либроком. 2012 г.
10. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Том 2. Теория равновесных систем. Статистическая физика. Изд-во: Эдиториал УРСС. 2010 г.
11. Базаров И.П Термодинамика. Изд-во: Лань. 2010 г.
12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика ч.1 М.: Физматлит, 2010 г.

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>  
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке( доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. - Махачкала, г. - Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. - URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
4. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)

5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
6. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
7. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
8. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
9. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
10. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
11. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
12. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
13. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может

освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.