

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы математической физики

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	10	10	часов
2	Практические занятия	8	8	часов
3	Всего аудиторных занятий	18	18	часов
4	Самостоятельная работа	18	18	часов
5	Всего (без экзамена)	36	36	часов
6	Общая трудоемкость	36	36	часов
		1.0	1.0	З.Е.

Зачет: 5 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

профессор каф. ЭП

\_\_\_\_\_ Е. Е. Слядников

Заведующий обеспечивающей каф.  
ЭП

\_\_\_\_\_ С. М. Шандаров

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ

\_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Эксперты:

Профессор кафедры электронных  
приборов (ЭП)

\_\_\_\_\_ Л. Н. Орликов

Доцент кафедры физической  
электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов представлений об основах математического аппарата изучения физических полей – одного из центральных объектов современной физики и техники, находящего широкое применение при изучении математических моделей в научных и прикладных задачах.

### 1.2. Задачи дисциплины

– в результате изучения данной дисциплины студенты должны получить навыки математического моделирования реальных (в первую очередь физических) процессов на основе краевых задач для уравнений в частных производных.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы математической физики» (ФТД.2) относится к блоку ФТД.2.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Нанoeлектроника, Научно-исследовательская работа, Прикладная информатика, Твердотельная электроника, Физика, Физика полупроводников.

Последующими дисциплинами являются: Квантовая и оптическая электроника, Физика пленочных наноструктур.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий;

– ПСК-1 способностью владеть современными методами расчета и проектирования изделий микро- и нанoeлектроники и микросистемной техники, изготовленных с применением нанотехнологий, способностью к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; знать простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники

– **уметь** выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; уметь строить физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники

– **владеть** способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем; использует физико-математический аппарат для решения возникающих проблем; владеть методами построения математических моделей приборов, схем, устройств с использованием средств компьютерного моделирования

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	18	18
Лекции	10	10
Практические занятия	8	8
Самостоятельная работа (всего)	18	18
Подготовка к контрольным работам	6	6

Проработка лекционного материала	4	4
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	8
Всего (без экзамена)	36	36
Общая трудоемкость, ч	36	36
Зачетные Единицы	1.0	1.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Ле	к,	ч	ра	к.	за	н.	м.	ра	б.,	в	(б	ез	пр	уе	м	ые	ко	м	е	
5 семестр																					
1 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка	2			2				3			7										ПК-1, ПСК-1
2 Уравнение теплопроводности	4			2				5			11										ПК-1, ПСК-1
3 Волновое уравнение	2			2				5			9										ПК-1, ПСК-1
4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов	2			2				5			9										ПК-1, ПСК-1
Итого за семестр	10			8				18			36										
Итого	10			8				18			36										

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	ое	МК	ос	м	ые	ко
5 семестр							
1 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка	Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП) Определение УЧП. Порядок уравнения. Особенности решения УЧП. Понятие о полной и неполной системе уравнений в частных производных. Линейные и квазилинейные уравнения. Понятие о краевых задачах математической физики. Основные уравнения математической физики. Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных. Законы сохранения как основа модельного описания физического процесса.	2					ПК-1, ПСК-1
	Итого	2					
2 Уравнение теплопроводности	Вывод одномерной математической модели теплопроводности на основе закона сохранения энергии и закона Фурье. Необходимость граничных условий (ГУ) и начальных условий (НУ). Собственные значения и собственные функции. Задача Штурма-Лиувилля. Метод	4					ПК-1, ПСК-1

	интегральных преобразований. Понятие интегрального преобразования. Ядро преобразования. Схема алгоритма решения задачи методом интегральных преобразований. Прямое и обратное преобразование. Виды интегральных преобразований. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент		
	Итого	4	
3 Волновое уравнение	Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния. Волновое уравнение. Формула Кирхгофа. Принцип Гюйгенса. Акустическая интерпретация, Граничные условия для акустических волн. Уравнение Гельмгольца. Уравнения теории упругости. Уравнения упругих колебаний.	2	ПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов	Уравнения Максвелла. Уравнения электростатики. Уравнения Лапласа и Пуассона. Обобщенные функции и их свойства. Сингулярные обобщенные функции, дельта-функция Дирака. Фундаментальные решения для уравнений математической физики. Метод функции Грина. Построение функций Грина. Нелинейные волновые уравнения. Уравнение Кортевега-де Фриза. Солитоны. Численные и приближенные методы решения УЧП. Сравнение аналитических решений с численными решениями. Понятия аналитического и численного решений. Преимущества численных решений. Метод конечных разностей.	2	ПК-1, ПСК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		10	

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Математика	+	+	+	+
2 Нанoeлектроника	+	+	+	+
3 Научно-исследовательская работа	+	+	+	+
4 Прикладная информатика	+	+	+	+

5 Твердотельная электроника	+	+	+	+
6 Физика	+	+	+	+
7 Физика полупроводников	+	+	+	+
Последующие дисциплины				
1 Квантовая и оптическая электроника	+	+	+	+
2 Физика пленочных наноструктур	+	+	+	+

#### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Практ. зан.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
ПСК-1	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

#### 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

#### 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	се	МК	ОС	М	БС	КО
5 семестр							
1 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка	Классификация уравнений с частными производными второго порядка. Канонические формы линейных уравнений в частных производных второго порядка с постоянными коэффициентами. Преобразования линейных уравнений в частных производных. Приведение к каноническому виду	2					ПК-1, ПСК-1
	Итого	2					
2 Уравнение теплопроводности	Семинар по теме «Однородное уравнение теплопроводности». Плоская задача Дирихле. Метод Фурье.	2					ПК-1, ПСК-1
	Итого	2					
3 Волновое уравнение	Краевые задачи для однородного и неоднородного волновых уравнений..	2					ПК-1, ПСК-1
	Итого	2					
4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в	Особенности численного моделирования задач математической физики. Метод сеток для решения	2					ПК-1, ПСК-1

частных производных второго порядка Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов	нелинейного волнового уравнения. Солитоны.		
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	трудоемкость, часы	формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Краевые задачи для линейных дифференциальных операторов второго порядка	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПСК-1	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
2 Уравнение теплопроводности	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПСК-1	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	5		
3 Волновое уравнение	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПСК-1	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	5		
4 Уравнения Лапласа и Пуассона. Уравнения в частных производных второго порядка Решение уравнений математической физики с помощью метода сеток. Метод конечных элементов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПСК-1	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	5		
Итого за семестр		18		

Итого	18		
-------	----	--	--

### 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
5 семестр				
Конспект самоподготовки	3	3	3	9
Контрольная работа	15	15	16	46
Опрос на занятиях	10	10	10	30
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	33	33	34	100
Нарастающим итогом	33	66	100	100

#### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

#### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)



## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Конспект лекций по высшей математике : в 2 ч. / Д. Т. Письменный. - М. : Айрис-Пресс, 2007 - . - ISBN 978-5-8112-1687-1. Ч. 2 : Тридцать пять лекций. - 5-е изд. - М. : Айрис-Пресс, 2007. - 251, [5] с. : ил., табл. - ISBN 978-5-8112-2315-2 (наличие в библиотеке ТУСУР - 60 экз.)
2. Методы математической физики [Электронный ресурс]: Учебное пособие предназначено для студентов факультета дистанционного обучения ТУСУРа / Гриняев Ю. В., Ушаков В. М., Миньков Л. Л., Тимченко С. В. - 2012. 148 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3379> (дата обращения: 08.07.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Математические методы физики. Избранные вопросы : Учебник для вузов / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск : НГТУ, 2003. - 242 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)
2. Высшая математика III. Функции комплексного переменного. Ряды. Интегральные преобразования [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Магазинников Л. И. - 2012. 206 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2258> (дата обращения: 08.07.2018).

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Методы математической физики : Руководство к организации самостоятельной работы для студентов специальности 210106 "Промышленная электроника" / Ю. В. Гриняев, Л. Л. Миньков ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 116 с. : (наличие в библиотеке ТУСУР - 94 экз.)
2. Методы математической физики [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям / Гейко П. П. - 2012. 31 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2351> (дата обращения: 08.07.2018).

#### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством

посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 304 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### **13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

## **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеовеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для

людей с инвалидностью.

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Какие физические процессы описывает параболическое уравнение?
  - а) колебания
  - б) движущиеся волны
  - в) стационарные процессы
  - г) диффузию
2. Какие физические процессы описывает гиперболическое уравнение?
  - а) колебания
  - б) волны
  - в) стационарные процессы
  - г) диффузию
3. Какие физические процессы описывает эллиптическое уравнение?
  - а) колебания
  - б) движущиеся волны
  - в) стационарные процессы
  - г) диффузию
4. Что описывают граничные условия?
  - а) взаимосвязь физических переменных
  - б) физическую переменную в начальный момент времени
  - в) физическую переменную на границе
  - г) производную физической переменной в начальный момент времени
5. Что описывают начальные условия?
  - а) взаимосвязь физических переменных
  - б) физическую переменную в начальный момент времени
  - в) физическую переменную на границе
  - г) производную физической переменной в начальный момент времени
6. Что описывает уравнение?
  - а) взаимосвязь физических переменных
  - б) физическую переменную в начальный момент времени
  - в) физическую переменную на границе
  - г) производную физической переменной в начальный момент времени

$$f_t(x, t) = \frac{1}{2a\sqrt{\pi t}} e^{-\frac{(x-t)^2}{4a^2 t}}$$

7. Функция  $f_t(x, t) = \frac{1}{2a\sqrt{\pi t}} e^{-\frac{(x-t)^2}{4a^2 t}}$  при всех значениях  $x$  является решением уравнения теплопроводности  $U_t = a^2 U_{xx}$  в области  $\{(x, t) : x \in (-\infty, \infty), t \in (0, \infty)\}$ .

Данная функция называется ..... решением уравнения теплопроводности

- а) элементарным
- б) стационарным
- в) неоднородным
- г) фундаментальным

8. Решение задачи  $y'' + 4y = 0, y(0) = y(4\pi) = 0$  имеет вид

- а)  $y = \sin \frac{1}{2} x$ ; б)  $y = \sin \frac{\pi}{2} x$ ; в)  $y = \cos \frac{1}{2} x$ ; г)  $y = \sin \frac{1}{4} x$

9. Функция  $U$  является решением уравнения  $U_{xx} + U_{yy} = \cos x \times \cos y$ . Тогда решением соответствующего однородного уравнения будет функция

- а)  $U - \frac{1}{2} \cos x \times \cos y$ ; б)  $U + x^2 + y^2$ ; в)  $U + \frac{1}{2} \cos x \times \cos y$ ; г)  $U + 2xy$

10. Решение задачи  $y'' + p^2 y = 0$ ,  $y(0) = y'(\frac{1}{2}) = 0$  имеет вид

- а)  $y = \sin x$ ; б)  $y = \cos x$ ; в)  $y = \cos px$ ; г)  $y = \sin px$

11. Укажите тип дифференциального уравнения

$$3 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 5 \sin 4x = 0$$

Варианты ответа:

- 1) эллиптический;  
2) гиперболический;  
4) круговой;  
3) параболический;

12. Укажите собственные функции краевой задачи

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 9 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 ; u(0;y) = u(l;y) = 0.$$

Варианты ответа:

- а)  $\sin \frac{n\pi x}{3}$ ; б)  $\sin \frac{n\pi x}{l}$ ; в)  $\sin 3n\pi x$ ; г)  $\cos \frac{n\pi x}{l}$

13. Укажите собственные числа краевой задачи

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 ; u(0;y) = u(7;y) = 0.$$

Варианты ответа:

- а)  $\frac{n\pi}{5}$ ; б)  $\frac{n\pi}{25}$ ; в)  $\frac{n\pi}{7}$ ; г)  $\frac{n\pi}{49}$

14. Функция  $y = \cos \frac{2}{3} x$  является собственной функцией задачи Штурма-Лиувилля  $y'' + ly = 0$ ,  $y'(0) = y'(3\pi) = 0$  с собственным значением

- а)  $l = -\frac{4}{9}$ ; б)  $l = -\frac{2}{3}$ ; в)  $l = \frac{4}{9}$ ; г)  $l = \frac{2}{3}$ .

15. Какому начальному условию удовлетворяет функция

$$u(x;t) = 6x^2 + 4tx - 8t \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2 + 4} \sin \frac{2n\pi x}{5} e^{-8nt}$$

Варианты ответа:

- а)  $u(x;0) = 0$ ; б)  $u(x;0) = 6x^2$ ; в)  $u(x;0) = 8t$ ; г)  $u(x;0) = 4$ ;

16. Какое из уравнений является уравнением теплопроводности стержня с источниками тепла внутри

Варианты ответа:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0; & \text{б) } \frac{\partial u}{\partial t} + 5 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 8e^{-3t}; \\ \text{в) } \frac{\partial u}{\partial t} - 30 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 4xe^{-3t}; & \text{г) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 8e^{-3t} \sin 5x; \end{array}$$

17. Укажите, какое из данных уравнений является уравнением Пуассона

Варианты ответа:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0; & \text{б) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 8e^{-3t} \sin 5x; \\ \text{в) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 2; & \text{г) } \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 7x^2(t+4); \end{array}$$

18. Какая из краевых задач является задачей о теплопроводности стержня конечной длины без источников тепла внутри и с нулевой температурой на концах

Варианты ответа:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 & ; u(0;t) = u(7;t) = 0; u(x;0) = x. \\ \text{б) } \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 7x^2(t+4); & u(0;t) = t; u(7;t) = 0; u(x;0) = 0. \\ \text{в) } \frac{\partial u}{\partial t} - 9 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0; & u(0;t) = u(4;t) = 0; u(x;0) = x(4-x). \\ \text{г) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 & ; u(0;t) = u(5;t) = 3; u(x;0) = 0. \end{array}$$

19. Какая из краевых задач является задачей о вынужденных колебаниях конечной струны, закрепленной только на левом конце

Варианты ответа:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 25 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 & ; u(0;t) = u(7;t) = 0; u(x;0) = x. \\ \text{б) } \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 7x^2(t+4); & u(0;t) = t; u(7;t) = 0; u(x;0) = 0. \\ \text{в) } \frac{\partial u}{\partial t} - 9 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0; & u(0;t) = u(4;t) = 0; u(x;0) = x(4-x). \\ \text{г) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 4 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 & ; u(0;t) = u(5;t) = 3; u(x;0) = 0. \end{array}$$

20. Решением какого уравнения является функция

$$u(x;t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{2nx}{5} \cos \frac{8n\pi t}{5}$$

Варианты ответа:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0; & \text{б) } \pi \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 5x \sin 4t; \end{array}$$

$$\text{в) } \frac{1}{16} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \pi^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0; \quad \text{г) } \frac{\partial u}{\partial t} - 16 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 5;$$

#### 14.1.2. Темы опросов на занятиях

Вывод уравнений. Постановка краевых задач.

Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (однородные граничные условия).

Уравнения теплопроводности и колебаний в ограниченной области (неоднородные граничные условия)

Уравнение теплопроводности на бесконечной прямой, в неограниченном пространстве, на полубесконечной прямой

Задача Штурма-Лиувилля (отрезок, прямоугольник, параллелепипед)

Вычисление квадрата нормы. Задача Штурма-Лиувилля (круг, сектор, кольцо).

Уравнение Лапласа в прямоугольнике и параллелепипеде

Уравнение Лапласа в круге, вне круга, в кольце, в секторе

Уравнение Лапласа в цилиндре и его частях

#### 14.1.3. Вопросы на самоподготовку

Акустическая интерпретация. Граничные условия для акустических волн.

Дифракция плоской акустической волны на шаре.

Объемный потенциал, его свойства

Виды интегральных преобразований. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент.

Физическая интерпретация решения. Проявление принципа суперпозиции.

#### 14.1.4. Темы контрольных работ

Уравнение теплопроводности

Волновые уравнения

Уравнения Лапласа и Пуассона.

#### 14.1.5. Зачёт

1. Основные сведения об уравнениях с частными производными (УЧП)
2. Моделирование физических процессов уравнениями в частных производных.
3. Классификация и приведение к каноническому виду линейных УЧП второго порядка.
4. Решение УЧП методом разделения переменных (метод Фурье).
5. Собственные значения и собственные функции.
6. Задача Штурма- Лиувилля
7. Метод интегральных преобразований.
8. Понятие интегрального преобразования.
9. Численные и приближенные методы решения УЧП.
10. Уравнения гидродинамики: уравнение движения жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния.
11. Математическое моделирование электрических процессов.
12. Нелинейные волновые уравнения.
13. Линейные однородные ГУ.
14. Самосопряженное уравнение Штурма-Лиувилля.
15. Интегральное преобразование как разложение функции в некоторый спектр компонент.
16. Интегральное преобразование – путь к уменьшению числа независимых переменных в УЧП.
17. Сравнение аналитических решений с численными решениями. Понятия аналитического и численного решений.
18. Вывод уравнений акустики.
19. Принцип Гюйгенса.
20. Дифракция плоской акустической волны на шаре.

## 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

## 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.