

Белорусский государственный университет



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«28» ноября 2020 г.

Регистрационный № УД-8374/уч.

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:**

1-31 04 02 Радиофизика

1-31 04 03 Физическая электроника

**1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные
и информационные системы и технологии**

1-31 03 07 Прикладная информатика (по направлениям)

Направление специальности:

**1-31 03 07-02 Прикладная информатика (информационные технологии
телекоммуникационных систем)**

1-98 01 01 Компьютерная безопасность (по направлениям)

Направление специальности:

**1-98 01 01-02 Компьютерная безопасность (радиофизические методы и
программно-технические средства)**

2020 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов высшего образования ОСВО 1-31 04 04-2018, ОСВО 1-31 03 07-2013, ОСВО 1-98 01 01-2013, ОСВО 1-31 04 03-2013, ОСВО 1-31 04 02-2013; учебных планов № G31-170/уч. и № G31и-186/уч., № P98-139/уч. и № P98 и-140/уч., № G31-165/уч. и № G31и-188/уч., № G31-164/уч. и № G31и-189/уч. от 30.05.2013 и № G31-223/уч. от 13.07.2018 и типовой учебной программы ТД- G.567/тип. от 05.04.2016.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.А. Егоров – доцент кафедры высшей математики и математической физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

И.В. Рыбаченко – доцент кафедры высшей математики и математической физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Радыно А.Я. – доцент кафедры теории функций Белорусского государственного университета, кандидат физ.-мат. наук, доцент.

Липницкий В.А. – заведующий кафедрой высшей математики УО «Военная академия Республики Беларусь», доктор технических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой высшей математики и математической физики
(протокол № 10 от 26мая 2020);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 17 июня 2020).

Заведующая кафедрой _____

Абрашина-Жадаева Н.Г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование систематизированных знаний и навыков по таким взаимосвязанным разделам математики, как операционное исчисление, уравнения гиперболического, параболического, эллиптического типов и специальные функции.

Задачи учебной дисциплины:

1. обеспечение глубокой подготовки по указанным разделам математической физики;
2. выработка навыков решения уравнений в частных производных.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием. Изучение многих физических явлений сводится к решению краевых задач для уравнений в частных производных второго порядка. Исследование методов решения подобных задач и составляет основное содержание данного курса. На примере решения классических задач, описывающих колебательные процессы, а также процессы теплопроводности и диффузии, студенты учатся построению математических моделей физических явлений. Математический аппарат, используемый при этом, будет необходим также и при изучении студентами физических дисциплин, преподаваемых на факультете радиофизики и компьютерных технологий.

Учебная дисциплина относится к **циклу специальных дисциплин государственного компонента специальностей: 1-31 03 07 Прикладная информатика (по направлениям) направление специальности 1-31 03 07-02 Прикладная информатика (информационные технологии телекоммуникационных систем) и специальности 1-98 01 01 Компьютерная безопасность (по направлениям) направление специальности 1-98 01 01-02 Компьютерная безопасность (радиофизические методы и программно-технические средства).**

Учебная дисциплина относится к **циклу общенаучных и общепрофессиональных дисциплин государственного компонента специальностей: 1-31 04 02 Радиофизика и 1-31 04 03 Физическая электроника.**

Учебная дисциплина входит в **модуль «Высшая математика» государственного компонента специальности 1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии.**

Связи с другими учебными дисциплинами.

Освоение дисциплины «Методы математической физики» базируется на знаниях, приобретенных в результате освоения дисциплин «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Методы математической физики» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

для специальности **1-31 04 02 Радиофизика:**

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

профессиональные компетенции:

- ПК-4. Разрабатывать численные алгоритмы и программы;

для специальности **1-31 04 03 Физическая электроника:**

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач,
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом,
- АК-4. Уметь работать самостоятельно,
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

для специальности **1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии:**

базовые профессиональные компетенции:

БПК-5. Владеть методами исследования и решения уравнений в частных производных в радиофизических приложениях, уметь адекватно интерпретировать полученные решения при исследовании физических процессов;

для специальности **1-31 03 07-02 Прикладная информатика (информационные технологии телекоммуникационных систем):**

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач,
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом,
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками,
- АК-4. Уметь работать самостоятельно,
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью),
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем,
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

профессиональные компетенции:

- ПК-7. Применять профессиональные знания и навыки для проведения научных исследований в области прикладной информатики,
- ПК-8. Разрабатывать и совершенствовать методы исследований в области информационных и телекоммуникационных систем,
- ПК-9. Работать с научно-технической информацией с использованием современных информационных технологий,
- ПК-10. Формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы,
- ПК-11. Пользоваться глобальными информационными ресурсами;

для специальности **1-98 01 01-02 Компьютерная безопасность (радиофизические методы и программно-технические средства):**

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач,
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом,
- АК-4. Уметь работать самостоятельно,
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

В результате освоения учебной дисциплины по специальностям **1-31 04 02 Радиофизика и 1-31 04 03 Физическая электроника** студент должен: **знать:**

- типы уравнений в частных производных и их связь с физическими задачами;
- основы специальных функций;

уметь:

- решать уравнения в частных производных при характерных для радиофизических приложений начальных и граничных условиях;
- адекватно интерпретировать полученные решения при исследовании физических процессов;

владеть:

- методами решения уравнений в частных производных;
- способами применения уравнений в частных производных и специальных функций в радиофизических приложениях;

По специальности **1-31 03 07-02 Прикладная информатика (информационные технологии телекоммуникационных систем)** студент должен: **знать:**

- типы уравнений в частных производных и их связь с физическими задачами;
- методы исследования и решения основных задач для уравнений с частными производными;
- основы теории специальных функций;

уметь:

- решать задачи для уравнений с частными производными;
- интерпретировать полученные решения при исследовании физических процессов;

владеть:

- методами решения задач для уравнений с частными производными;
- способами применения уравнений с частными производными и специальных функций в приложениях;

По специальности **1-98 01 01-02 Компьютерная безопасность (радио-физические методы и программно-технические средства)** студент должен **знать:**

- классификацию и методы приведения к каноническому виду уравнений второго порядка с двумя и более независимыми переменными;
- методы решения и обоснования корректности задачи Коши для уравнения колебания струны и уравнения теплопроводности;
- постановку и методы решения смешанных задач для уравнений гиперболического и параболического типа;
- постановку и методы решения краевых задач для уравнений эллиптического типа;

уметь:

- приводить к каноническому виду уравнения второго порядка;
- решать задачу Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности;
- решать смешанные задачи для уравнений колебания струны и теплопроводности;
- решать краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона;

владеть:

- методами математического моделирования;

По специальности **1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии** студент должен **знать:**

знать:

- типы уравнений в частных производных и их связь с физическими задачами;
- методы исследования и решения основных задач для уравнений с частными производными;
- основы теории специальных функций;

уметь:

- адекватно интерпретировать полученные решения при исследовании физических процессов;

владеть:

- методами исследования и решения уравнений в частных производных в радиофизических приложениях;

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Методы математической физики» отведено для специальностей: 1-31 04 02 Радиофизика, 1-31

04 03 Физическая электроника, 1-31 03 07-02 Прикладная информатика (информационные технологии телекоммуникационных систем), 1-98 01 01-02 Компьютерная безопасность (радиофизические методы и программно-технические средства):

– для очной формы получения высшего образования – 144 часа, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, практические занятия – 34 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

для специальности 1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии всего на изучение учебной дисциплины отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 120 часов, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, практические занятия – 34 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Операционное исчисление.

Тема 1.1. Преобразование Лапласа. Свойства оригиналов и изображений.

Тема 1.2. Применение операционного исчисления к решению интегродифференциальных уравнений. Расчет электрических цепей.

Раздел 2. Уравнения гиперболического типа.

Тема 2.1. Физические задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Постановки смешанных задач. Корректные и некорректные задачи математической физики.

Тема 2.2. Решение задачи Коши методами Даламбера и Пуассона. Понятие обобщенного решения для уравнений в частных производных.

Тема 2.3. Метод разделения переменных для однородного волнового уравнения. Задача Штурма – Лиувилля.

Тема 2.4. Общая схема метода разделения переменных. Формула Кирхгофа – Соболева и распространение волн в неограниченном пространстве. Дельта-функция.

Раздел 3. Уравнения параболического типа.

Тема 3.1. Задачи о распространении тепла и диффузии газов. Постановка смешанных задач.

Тема 3.2. Уравнение теплопроводности в ограниченной области. Метод разделения переменных для однородного уравнения.

Тема 3.3. Принцип максимума для уравнения теплопроводности. Метод разделения переменных для неоднородного уравнения.

Тема 3.4. Функция источника. Решение задачи Коши. Особый случай задачи Штурма – Лиувилля.

Раздел 4. Специальные функции.

Тема 4.1. Уравнение цилиндрических функций и свойства его решений. Различные типы цилиндрических функций.

Тема 4.2. Многочлены Лежандра. Присоединенные функции Лежандра.

Тема 4.3. Шаровые и сферические функции. Многочлены Чебышева – Лягерра и Чебышева – Эрмита.

Тема 4.4. Применение многочленов Чебышева – Эрмита и Чебышева – Лягерра к решению уравнения Шредингера.

Раздел 5. Уравнения эллиптического типа.

Тема 5.1. Внутренние краевые задачи для уравнения Пуассона, единственность и устойчивость решения. Внешние краевые задачи для уравнения Лапласа.

Тема 5.2. Метод Фурье для прямоугольных, круговых, цилиндрических и сферических областей.

Раздел 6. Классификация уравнений с частными производными.

Тема 6.1. Теорема о характеристиках. Приведение уравнений в частных производных к каноническому виду.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер темы	Название темы	Количество аудиторных часов		Количество часов УСП	Формы контроля знаний
		Лекции	практические занятия		
1	2	3	4	5	6
1	Операционное исчисление (8 часов)	4	4		
1.1	Преобразования Лапласа. Свойства оригиналов и изображений.	2	2		Устный опрос
1.2	Применение операционного исчисления к решению интегро-дифференциальных уравнений. Расчет электрических цепей.	2	2		Компьютерное тестирование
2	Уравнения гиперболического типа (16 часов)	8	8		
2.1	Физические задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Постановки смешанных задач. Корректные и некорректные задачи математической физики.	2	2		Устный опрос
2.2	Решение задачи Коши методами Даламбера и Пуассона. Понятие обобщенного решения для уравнений в частных производных.	2			Устный опрос
2.3	Метод разделения переменных для однородного волнового уравнения. Задача Штурма – Лиувилля.	2	2		Устный опрос
2.4	Общая схема метода разделения переменных. Формула Кирхгофа – Соболева и распространение волн в неограниченном пространстве. Понятие обобщенной функции. Дельта-функция.	2	2		Устный опрос
	Текущий контроль по разделам 1-2.		2		Контрольная

					работа №1
3	Уравнения параболического типа (16 часов)	8	8		
3.1	Задачи о распространении тепла и диффузии газов. Постановки смешанных задач.	2			Устный опрос
3.2	Уравнение теплопроводности в ограниченной области. Метод разделения переменных для однородного уравнения.	2	4		Устный опрос
3.3	Принцип максимума для уравнения теплопроводности. Метод разделения переменных для неоднородного уравнения.	2	2		Устный опрос
3.4	Функция источника. Решение задачи Коши. Особый случай задачи Штурма – Лиувилля.	2	2		Компьютерное тестирование
4	Специальные функции (16 часов)	8	8		
4.1	Уравнение цилиндрических функций и свойства его решений. Различные типы цилиндрических функций.	2	2		Устный опрос
4.2	Многочлены Лежандра. Присоединенные функции Лежандра.	2	2		Устный опрос
4.3	Шаровые и сферические функции. Многочлены Чебышева – Лягерра и Чебышева – Эрмита.	2	2		Устный опрос
4.4	Применение многочленов Чебышева – Эрмита и Чебышева – Лягерра к решению уравнения Шредингера.	2			Устный опрос
	Текущий контроль по разделам 3-4.		2		Контрольная работа №2
5	Уравнения эллиптического типа (10 часов)	6	6		
5.1	Внутренние краевые задачи для уравнения Пуассона, единственность и устойчивость решения. Внешние краевые задачи для уравнения Лапласа	2	2		Устный опрос
5.2	Метод Фурье для прямоугольных, круговых, цилиндрических и сферических областей.	4	2		Устный опрос
6	Классификация уравнений с частными производными (2 часа)				Устный опрос
6.1	Теорема о характеристиках. Приведение уравнений в частных производных к каноническому виду.				Устный опрос
	Текущий контроль по разделам 5-6.		2		Коллоквиум
	Всего	34	34		

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Тихонов, А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А.Самарский. — М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004.— 798 с.
2. Арсенин, В.Я. Методы математической физики и специальные функции / В.Я. Арсенин. — М.: Наука, 1984.— 367 с.
3. Смирнов, В.И. Курс высшей математики, Т.2 / В.И. Смирнов. — М.: Наука, 1981.— 682 с.
4. Русак, В.Н. Математическая физика / В.Н. Русак. — Мн.: Дизайн-ПРО, 1998.— 207 с. — М.: Комкнига, 2006.— 245 с.
5. Русак, В.Н. Задачи по математической физике и их решение / В.Н. Русак, Н.К. Филиппова. — Мн.: БГУ, 2007. — 112 с.
6. Свешников, А.Г. Лекции по математической физике / А.Г. Свешников, А.Н. Боголюбов, В.В. Кравцов. — М.: Изд. МГУ; Наука, 2004.— 414 с.
7. Кошляков, Н.С. Уравнения в частных производных математической физики / Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. — М.: Высшая школа, 1970.— 712 с.
8. Карчевский, М.М. Лекции по уравнениям математической физики / М.М. Карчевский. — СПб: Лань, 2016.— 164 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Владимиров, В.С. Сборник задач по уравнениям математической физики / В.С. Владимиров, В.П. Михайлов, Т.В. Михайлова, М.И. Шабунин. — М.: Физматлит, 2016. — 520 с.
2. Владимиров, В.С. Уравнения математической физики / В.С. Владимиров, В.В. Жаринов. — М.: Физматлит, 2004.— 400 с.
3. Никифоров, А.Ф. Специальные функции математической физики / А.Ф.Никифоров, В.Б. Уваров. — Долгопрудный: Интеллект, 2007.— 343 с.
4. Буда́к, Б.М. Кратные интегралы и ряды / Б.М. Буда́к, С.В. Фомин. — М.: Физматлит, 2002. — 512 с.
5. Буда́к, Б.М. Сборник задач по математической физике / Б.М. Буда́к, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов. — М.: Физматлит, 2004.— 688 с.
6. Никифоров, А.Ф. Лекции по уравнениям и методам математической физики / А.Ф. Никифоров. — Долгопрудный: Интеллект, 2009.— 133 с.
7. Краснопевцев, Е.А. Математические методы физики / Е.А. Краснопевцев. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.— 244 с.
8. Соболев, С.Л. Уравнения математической физики / С.Л. Соболев. — М.: Наука, 1966.— 474 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенций и текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать компьютерное тестирование по разделам дисциплины, контрольные работы, коллоквиумы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно. Предлагается аналогичное домашнее задание, обязательное выполнение которого является необходимым условием для получения допуска к экзамену.

Контрольная работа проводится в письменной форме. На выполнение контрольной работы отводится 80 мин.

Оценка всех форм текущего контроля проводится по десятибалльной шкале.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Методы математической физики» учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- средняя оценка по контрольным работам и коллоквиуму – 80 %;
- средняя оценка по компьютерным тестам – 20 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационной оценки – 60 %.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов по данной дисциплине предполагает проработку основной и дополнительной литературы, самостоятельный поиск сведений, расширение конспекта лекций по результатам данной проработки. Самостоятельную работу студентов следует организовывать на основе принципов системности и регулярности. В помощь студентам рекомендуется разрабатывать и совершенствовать дистанционный курс на образовательном портале университета.

Примерный перечень заданий для самостоятельной работы

В качестве самостоятельной работы студентов планируется решение задач, выполнение упражнений. Форма контроля: контрольная работа, коллоквиум, компьютерное тестирование.

Примерный перечень тем контрольных работ:

1. Метод Фурье для гиперболических и параболических уравнений.
2. Цилиндрические функции. Решение краевых задач для эллиптических уравнений в прямоугольных и круговых областях.

Примерный перечень тем компьютерного тестирования:

1. Свойства оригиналов и изображений.
2. Применение операционного исчисления к решению интегродифференциальных уравнений.
3. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности.
4. Особый случай задачи Штурма – Лиувилля.

Примерный перечень тем коллоквиума:

1. Классификация уравнений с частными производными второго порядка.
2. Метод Фурье для уравнений эллиптического типа в прямоугольных, круговых, цилиндрических и сферических областях.

Примерная тематика практических занятий

1. Свойства оригиналов и изображений.
2. Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем операционным методом.
3. Метод разделения переменных решения краевых задач для однородного волнового уравнения.
4. Метод разделения переменных решения краевых задач для неоднородного волнового уравнения.
5. Метод разделения переменных для волнового уравнения в общей постановке.

6. Метод разделения переменных решения краевых задач для однородного уравнения теплопроводности.
7. Метод разделения переменных решения краевых задач для неоднородного уравнения теплопроводности.
8. Метод разделения переменных для уравнения теплопроводности в общей постановке.
9. Цилиндрические функции и их свойства.
10. Применение цилиндрических функций к решению задачи о колебаниях круглой мембраны.
11. Применение цилиндрических функций к решению задачи о распределении температуры в бесконечном круговом цилиндре.
12. Краевые задачи для уравнения Лапласа и Пуассона в круговых и прямоугольных областях.
13. Задача о стационарном распределении температуры в круговом цилиндре конечных размеров.
14. Сферические функции.
15. Задача Дирихле в шаровых областях.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса рекомендуется использовать следующие инновационные подходы и методы:

1. **Практико-ориентированный подход**, который предполагает освоение содержания образования через решения практических задач, которые способствуют формированию основ в дальнейшей профессиональной деятельности.
2. **Развитие критического мышления**: формирование навыков работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Преобразование Лапласа. Понятие оригинала и изображения, их свойства.
2. Решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем операционным методом.
3. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.
4. Вывод уравнения малых поперечных колебаний струны.
5. Начальные и граничные условия для уравнений гиперболического типа. Теорема единственности.
6. Задача Коши для уравнения колебаний струны. Формула Даламбера.
7. Понятие корректности задачи математической физики.
8. Метод разделения переменных для однородного уравнения колебаний струны.
9. Метод Фурье для неоднородного одномерного волнового уравнения.
10. Задача о вынужденных колебаниях струны в общей постановке. Задачи со стационарными неоднородностями.
11. Задача Штурма – Лиувилля.
12. Задача о свободных колебаниях прямоугольной мембраны.
13. Вывод уравнения теплопроводности.
14. Начальные и граничные условия для уравнения теплопроводности.
15. Метод разделения переменных для однородного одномерного уравнения теплопроводности.
16. Частные случаи краевой задачи для одномерного однородного уравнения теплопроводности. Функция источника.
17. Принцип максимального значения для уравнения теплопроводности. Единственность решения первой краевой задачи для уравнения теплопроводности.
18. Метод Фурье для неоднородного одномерного уравнения теплопроводности.
19. Задача Коши для уравнения теплопроводности стержня.
20. Особый случай задачи Штурма – Лиувилля.
21. Цилиндрические функции и их свойства.
22. Задача об остывании бесконечного кругового цилиндра.
23. Задача о свободных колебаниях круглой мембраны.
24. Задача о распределении температуры в круговом цилиндре конечных размеров.
25. Физические процессы, описываемые уравнениями Пуассона и Лапласа.
26. Краевые задачи для уравнения Лапласа.
27. Решение краевой задачи для уравнения Лапласа в круге.
28. Задача Дирихле в кольцевой области.
29. Ортогональные многочлены Лежандра.
30. Присоединенные функции Лежандра.

31. Сферические функции.
32. Многочлены Чебышева – Эрмита и их применение к решению уравнения Шредингера.

Методические рекомендации по организации обучения в случае необходимости преимущественного применения электронных средств обучения (ЭСО).

В случае необходимости проведения занятий с преимущественным применением средств ЭСО занятия следует проводить на образовательном портале физического факультета (www.eduphys.bsu.by). Для обеспечения учебного процесса преподаватель может использовать все технические средства, предоставляемые образовательным порталом физического факультета. В случае технической неисправности образовательного портала преподаватель вправе использовать иные ресурсы по своему усмотрению.

Контрольные мероприятия проводятся на образовательном портале согласно учебно-методической карте. В случае необходимости письменные контрольные работы разрешается заменить компьютерным тестированием, эссе, индивидуальным заданием или иной доступной на образовательном портале формой контроля знаний. Преподаватель вправе не проводить контроль знаний после каждого занятия.

Проведение экзамена в устной форме

1. Всем студентам дается примерно одинаковое время на подготовку и ответ. Расписание ответов согласуется со студентами до начала экзамена
2. Студент получает доступ к своему заданию в назначенное время. Ответ оформляется студентом в письменном виде, затем сканируется.
3. После окончания времени подготовки студент подключается к соответствующему вебинару (bigbluebutton или иному) на образовательном портале физического факультета, включает микрофон и вебкамеру (или иными способами идентифицирует свою личность).
4. Преподаватель предоставляет студенту возможность продемонстрировать свой экран с подготовленным ответом на экзаменационный билет и проводит опрос.
5. Преподаватель сообщает студенту оценку текущего контроля, экзаменационную и рейтинговую оценку. Студент устно подтверждает, что ознакомлен с итоговой оценкой.
6. Аудио и видео запись вебинара ведется в случае наличия технических возможностей.

Проведение экзамена в форме компьютерного теста.

1. Все студенты начинают проходить тест в одно и то же время. Время начала теста, длительность теста и количество вопросов в тесте сообщается

студентам заранее (не позднее, чем на консультации). По истечении времени открытые попытки отправляются автоматически.

2. Тест закрывается в установленный срок, определяемый преподавателем и сообщаемый студентам заранее (не позднее, чем на консультации). Длительность теста не может превышать времени от начала теста до его закрытия, но может с ним совпадать.
3. Студент может видеть результаты своей попытки (а именно: является ли его ответ на каждый вопрос правильным, баллы за ответ, правильный ответ на каждый вопрос, итоговый отзыв к тесту) только после закрытия теста.
4. Экзаменационная оценка (оценка текущей аттестации) выставляется на основании шкалы перевода процента верных ответов в десятибалльную оценку:

Процент верных ответов	0-14	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	75-84	85-94	95-100
Оценка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Решением кафедры данную шкалу можно изменить. Студенты должны быть ознакомлены со шкалой заранее (не позднее, чем на консультации).
6. После закрытия теста на протяжении 45 минут (срок апелляции) студент имеет право обратиться в письменной форме на образовательном портале в соответствующем форуме данного курса к преподавателю за пояснениями о том, почему его ответ на тот или иной вопрос был неверен. В течение 90 минут с момента появления вопроса студент должен получить письменные разъяснения со стороны преподавателя.
7. После ответа на последний вопрос (или по истечении срока апелляции, если вопросов не было), преподавателем уже в течение 45 минут должна быть выставлена на образовательном портале фотография (скан) заполненной экзаменационной ведомости с итоговыми оценками по дисциплине.
8. На протяжении двух часов после выставления экзаменационной ведомости по дисциплине каждый студент должен в письменной форме на образовательном портале подтвердить, что он ознакомлен с итоговой оценкой по курсу.
9. По усмотрению преподавателя, если шкала перевода процента верных ответов на тест имеет верхнее ограничение ниже 10 баллов, то студент имеет право на ответ в устной или устно-письменной форме для получения наивысшей оценки текущей аттестации. В таком случае, после закрытия теста студент выходит на связь с преподавателем любым заранее (не позднее, чем на консультации) оговоренным образом. Время апелляции начинается отсчитываться от окончания видеосвязи с последним студентом, и далее вступают в силу п.п. 6–8.
10. Если по каким-то причинам студент не имеет технической возможности пройти тест online в установленное время, он обязан сообщить об этом не

позднее, чем на консультации, для того, чтобы факультет предоставил ему такую возможность.

11. В случае возникновения во время теста обстоятельств непреодолимой силы, не позволяющих студенту пройти тест, он незамедлительно должен сообщить об этом преподавателю любым способом.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Теоретическая физика	Кафедра теоретической физики	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 10 от 26.05.2020)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на 2021/2022 учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
высшей математики и математической физики
(протокол №от2020 г.)

Заведующая кафедрой высшей математики
и математической физики _____ Н.Г. Абрашина-Жадаева

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
к.ф.-м.н., доцент _____ М.С. Тиванов