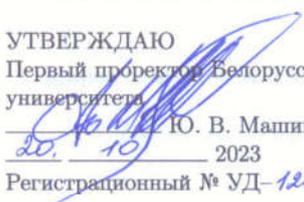


Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор Белорусско-Российского  
университета

  
Ю. В. Машин

20. 10 2023

Регистрационный № УД-120304/Б.Р.029/р

ТЕОРИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

(наименование дисциплины)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Направленность (профиль) Биотехнические и медицинские аппараты и системы

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	2
Семестр	4
Лекции, часы	34
Практические занятия, часы	34
Экзамен, семестр	4
Контактная работа по учебным занятиям, часы	68
Самостоятельная работа, часы	76
Всего часов / зачетных единиц	144 / 4

Кафедра-разработчик программы Физические методы контроля

Составитель Н. В. Герасименко, ст. преподаватель

Могилев, 2023

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии № 950 от 19.09.2017, учебным планом рег.№ 120301-2.1 от 28.04.2023.

Рассмотрена и рекомендована кафедрой Физические методы контроля

17 октября 2023 г., протокол № 2

Зав. кафедрой



А. В. Хомченко

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом Белорусско-Российского университета

18 октября 2023 г., протокол № 2.

Зам. председателя

Научно-методического совета



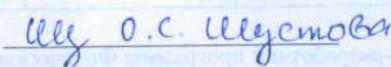
С. А. Сухоцкий

Рецензент:

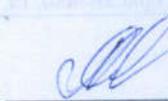
Заведующая кафедрой физики и компьютерных технологий Могилёвского государственного университета им. А. Кулешова, к.ф.-м.н., доцент, Тимощенко Елена Валерьевна.

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического  
отдела



О. Е. Печковская

# 1 Пояснительная записка

## 1.1 Цель учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование базового объема фундаментальных понятий, методов, навыков и знаний в области теории физических полей, необходимых для усвоения специальных дисциплин.

## 1.2 Задачи учебной дисциплины

Задачами учебной дисциплины являются:

- обеспечение системных знаний аппарата математического описания физических полей;
- формирование представления о взаимодействии физических полей и излучений полей с веществом;
- формирование навыков анализа и построения математических моделей физических полей с применением математического аппарата теории поля.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

### **Знать:**

- основные физические законы и математические модели полей;
- методы построения аналитических решений классических задач теории поля;
- физические эффекты, имеющие место при взаимодействии физических полей с веществом.

### **Уметь:**

- применять математический аппарат теории поля для решения поставленных задач;
- рассчитывать параметры полей различной физической природы с применением существующих методов;
- применять компьютерные средства визуализации и моделирования физических полей.

### **Владеть:**

- навыками решения дифференциальных уравнений в частных производных, встречающихся в прикладных задачах, связанных с анализом физических полей;
- навыками моделирования физических полей.

### 1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули), обязательная часть Блока 1». Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- Математика;
- Физика;
- Информатика.

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- Оптическая и лазерная техника и технологии в медицине;
- Тепловизионные и микроволновые аппараты и системы;
- Акустические аппараты и системы;
- Электромагнитные аппараты и системы.

### 1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименование формируемых компетенций
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем.

## 2 Структура и содержание дисциплины

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

### 2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
<b>Раздел 1. Математическое описание физических полей</b>			

1.1	Классификация физических полей	Поле как вид материи. Примеры физических полей. Способы визуализации физических полей различной природы. Роль математических моделей физических полей. Стационарные и нестационарные поля.	ОПК-1
1.2	Элементы векторной алгебры	Пространство $R^3$ и его элементы. Понятие базиса и системы координат. Декартова система координат. Скалярное, векторное и смешанное произведения векторов в $R^3$ .	ОПК-1
1.3	Дифференциальные операторы	Оператор Гамильтона. Градиент скалярного поля. Дивергенция и ротор векторного поля. Потенциальные и вихревые поля. Оператор Лапласа. Криволинейные системы координат, якобиан отображения, коэффициенты Ламе. Полярные, сферические и цилиндрические координаты. Оператор Лапласа в криволинейных координатах.	ОПК-1
1.4	Интегральные теоремы теории поля	Теорема о связи градиента и криволинейного интеграла. Поток векторного поля, теорема Остроградского-Гаусса. Циркуляция векторного поля, теорема Стокса. Формулы Грина.	ОПК-1
<b>Раздел 2. Электромагнитное поле</b>			
2.1	Уравнения Максвелла как обобщение экспериментальных фактов	Уравнения электромагнитного поля в интегральной форме, связь с общей физикой. Переход от интегральных уравнений электромагнитного поля к дифференциальной. Системы единиц СИ и СГС.	ОПК-1
2.2	Электростатическое поле в вакууме	Напряженность электрического поля и его потенциал. Уравнение Пуассона / Лапласа. Плотность точечного заряда, понятие о $\delta$ -функции Дирака. Решение уравнения Пуассона в $R^3$ . Закон Кулона. Граничные условия для электрического поля. Конденсатор. Емкость. Плотность энергии электростатического поля.	ОПК-1
2.3	Электростатическое поле в веществе	Проводящие тела в электростатическом поле. Основы метода изображений. Диэлектрики, дипольный момент. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрической индукции.	ОПК-1

2.4	Магнитное поле в вакууме	Вихревая природа магнитного поля. Закон Ампера. Векторный магнитный потенциал. Калибровка Кулона. Уравнение Пуассона для векторного магнитного потенциала. Фундаментальное решение уравнения Пуассона в $R^3$ . Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле линейного и кругового тока. Магнитное поле соленоида. Плотность энергии магнитного поля.	ОПК-1
2.5	Магнитное поле в веществе	Магнитный момент атомов. Вектор намагниченности. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость вещества. Парамагнетизм, диамагнетизм и ферромагнетизм.	ОПК-1
2.6	Электромагнитные волны	Уравнения Максвелла в пустом пространстве. Волновое уравнение. Интегрирование волнового уравнения вдоль характеристик. Формула Даламбера. Плоские электромагнитные волны. Метод комплексных амплитуд. Поляризация. Энергия электромагнитных волн, теорема Умова-Пойнтинга. Длинные линии, ТЕМ волны, телеграфные уравнения. Электромагнитные волны в волноводах, ТЕ и ТМ волны, критическая частота.	ОПК-1
<b>Раздел 3. Акустическое поле</b>			
3.1	Колебания струны и мембраны	Вывод волнового уравнения. Метод разделения переменных. Задача Штурма-Лиувилля. Моды колебаний струны.	ОПК-1
3.2	Акустические волны в жидкостях и газах	Малые колебания жидкостей и газов. Уравнение неразрывности и уравнение Эйлера. Вывод волнового уравнения. Понятие о потенциале скорости. Скорость звука в газах и жидкостях. Аналогии с электродинамикой.	ОПК-1
3.3.	Акустические волны в твердых телах	Понятие о тензорах. Вывод волновых уравнений для продольных и поперечных волн. Скорость звука в твердых телах.	ОПК-1
<b>Раздел 4. Тепловые и температурные поля</b>			

4.1	Уравнение теплопроводности	Вывод уравнения теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье. Тепловой поток и температура. Основные типы граничных условий для уравнения теплопроводности. Фундаментальное решение одномерного уравнения теплопроводности. Интеграл Пуассона.	ОПК-1
4.2	Стационарные тепловые и температурные поля	Уравнение Пуассона / Лапласа в задачах теплопроводности. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки. Функция Грина точечного источника тепла. Термические сопротивления, методы теории электрических цепей в задачах теплопроводности.	ОПК-1
4.3	Нестационарные тепловые и температурные поля	Решение уравнения теплопроводности. Нагрев и остывание простых геометрических тел.	ОПК-1

## 2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1									
1	1.1. Классификация физических полей	2	ПЗ № 1. Элементы векторного анализа	2			2		
2	1.2. Элементы векторной алгебры	2	ПЗ № 1. Элементы векторного анализа	2			2		
3	1.3. Дифференциальные операторы	2	ПЗ № 2. Свойства потенциальных полей	2			2		
4	1.4. Интегральные теоремы теории поля	2	ПЗ № 2. Свойства потенциальных полей	2			2	КР	15

5	2.1. Уравнения Максвелла как обобщение экспериментальных фактов	2	ПЗ № 3. Уравнение Лапласа в прямоугольных координатах	2			2		
6	2.2. Электростатическое поле в вакууме	2	ПЗ № 4. Уравнение Лапласа в полярных и цилиндрических координатах	2			2		
7	2.3. Электростатическое поле в веществе	2	ПЗ № 5. Уравнение Пуассона	2			2		
8	2.4. Магнитное поле в вакууме	2	ПЗ № 5. Уравнение Пуассона	2			4	КР	15
ПКУ 30									
Модуль 2									
9	2.5. Магнитное поле в веществе	2	ПЗ № 6. Волновое уравнение с одной пространственной координатой. Формула Даламбера	2			2		
10	2.6. Электромагнитные волны	2	ПЗ № 7. Волновое уравнение с несколькими пространственными координатами	2			2		
11	2.6. Электромагнитные волны	2	ПЗ № 7. Волновое уравнение с несколькими пространственными координатами	2			2		
12	3.1. Колебания струн и мембран	2	ПЗ № 8. Теплопроводность стенок различной конфигурации	2			4	КР	15
13	3.2. Акустические волны в жидкостях и газах	2	ПЗ № 8. Теплопроводность стенок различной конфигурации	2			2		
14	3.3. Акустические волны в твердых телах	2	ПЗ № 9. Уравнение теплопроводности в одной пространственной координатой	2			2		

15	4.1. Уравнение теплопроводности	2	ПЗ № 9. Уравнение теплопроводности с несколькими пространственными координатами	2			2		
16	4.2. Стационарные тепловые и температурные поля	2	ПЗ № 10. Введение в метод конечных разностей	2			4	КР	15
17	4.3. Нестационарные тепловые и температурные поля	2	ПЗ № 10. Введение в метод конечных разностей	2			2		
18-20							36	ПКУ ПА (эк-за-мен)	30 40
	Итого	34		34			76		100

**Принятые обозначения:**

КР — контрольная работа;

ПКУ — промежуточный контроль успеваемости;

ПА — промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

**Экзамен:**

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

### 3 Образовательные технологии

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятий	Вид аудиторных занятий			Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Традиционные	1.1. – 4.3.	№ № 1 – 9		64
2	С использованием ЭВМ		№ 10		4
	<b>ИТОГО</b>	34	34	–	68

## 4 Оценочные средства

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к экзамену	1
2	Экзаменационные билеты	1
3	Задания для проведения контрольных работ	4
4	Дополнительные задачи	1

## 5 Методика и критерии оценки компетенций студентов

### 5.1 Уровни сформированности компетенций

Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем.

№ п/п	Уровни сформированности компетенций	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
	<b>ОПК-1</b> Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем.		
	<b>ИОПК 1.9</b> Способен выбирать и использовать физические поля и излучения для получения информации о параметрах материалов и изделий		
	Пороговый уровень	Студент знает основные законы и формулировки теорем теории поля. Способен записать уравнения и объяснить физический смысл входящих в него величин.	Навыки работы с учебной литературой, лекционным материалом и решения базовых задач.
	Продвинутый уровень	Студент знает основные законы и формулировки теорем теории поля, способен привести доказательства основных теорем. Анализирует задачи и способен предложить оптимальные методы расчета. Хорошо понимает и способен построить четкую картину физического явления.	Навыки физического и математического моделирования полей различной физической природы.
	Высокий уровень	Студент знает основные законы и формулировки теорем теории поля, способен привести доказательства теорем и самостоятельно получить основные уравнения, рассматриваемые в курсе. Анализирует задачи и способен предложить оптимальные метод расчета.	Самостоятельный анализ научных публикаций и современных физических концепций

## 5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Вид оценочных средств
<b>ОПК-1</b> Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем.	
Навыки работы с учебной литературой, лекционным материалом и решения базовых задач.	Задачи для проведения контрольных работ.
Навыки физического и математического моделирования полей различной физической природы.	Задачи для проведения контрольных работ.
Самостоятельный анализ научных публикаций и современных физических концепций	Задачи для проведения контрольных работ.

## 5.3 Критерии оценки контрольных работ

Задание для контрольной работы включает одну задачу. На выполнение отводится 45 минут. Контрольная работа оценивается по пятибалльной шкале, полученный балл умножается на 3, соответственно, студент может получить до 15 рейтинговых баллов. При оценке уделяется особое внимание математической корректности полученных результатов, а также оформлению работы в целом.

## 5.4 Критерии оценки экзамена

Экзаменационный билет включает *два теоретических вопроса и один практический вопрос*. Практическим вопросом является задача по одному из разделов курса. Теоретические вопросы оцениваются положительной оценкой в диапазоне от 3 до 15 баллов. Практический вопрос оценивается положительной оценкой в диапазоне от 3 до 10 баллов. Суммарно студент может получить до 40 баллов согласно модульно-рейтинговой системе.

**Ответы на вопросы оцениваются по следующим критериям:**

*Теоретические вопросы:*

**15 баллов** – студент имеет глубокое, систематизированное и полное изложение теоретического материала по всем разделам, предусмотренным учебной программой, а также отвечает на вопросы, выходящие за рамки учебной программы (факультативные вопросы), имеющие непосредственное отношение к практическому применению полученных знаний в специальности. Точное использование научной терминологии, умение доказывать теоретические положения, теоремы, обосновывать выводы. Имеется строгая и логическая последовательность изложения материала.

**11-12 баллов** – студент имеет глубокое, систематизированное и полное изложение теоретического материала по всем разделам, предусмотренным учебной программой. Грамотное владение научной терминологией, умение доказывать теоретические положения, теоремы, обосновывать выводы. Имеется строгая и логическая последовательность изложения материала.

**9-10 баллов** – студент глубоко понимает излагаемый материал, отвечает правильно, умеет оценивать факты и соблюдает логическую последовательность изложения материала в рамках вопросов, представленных в экзаменационном билете. Владеет научной терминологией.

**7-8 баллов** – студент хорошо понимает излагаемый материал, отвечает в целом правильно, умеет оценивать факты и рассуждать самостоятельно в рамках вопросов, представленных в экзаменационном билете. В процессе изложения допускает незначительные ошибки общего характера.

**5-6 баллов** – студент понимает излагаемый материал, при этом не может доказать основные теоретические положения, ограничиваясь лишь формулировками. Отвечая на вопросы, представленные в экзаменационном билете, допускает ошибки общего характера.

**3-4 балла** – студент отвечает в основном правильно на вопросы, представленные в экзаменационном билете, однако не способен обосновать выводы и доказать основные теоретические положения. Ощущается «механическое» заучивание материала, нарушена логическая последовательность ответа, допускает ошибки общего характера.

**Ниже 3 баллов** – студент имеет представление о вопросе, однако при изложении допускает грубые ошибки, которые не в состоянии исправить самостоятельно.

*Практические вопросы:*

**9-10 баллов** – студент правильно и обоснованно выбирает методику, которая является оптимальной для решения данного типа задач. Умеет в строгой логической последовательности объяснить ход расчёта. Правильно составляет уравнения и получает их решения, демонстрируя уверенное владение математическим аппаратом.

**7-8 баллов** – студент выбирает подходящую методику решения задачи, правильно составляет уравнения и получает их решения. Может объяснить ход расчёта, однако допускает некоторые неточности, которые не влияют на окончательный результат.

**5-6 баллов** – студент выбирает подходящую методику решения задачи, однако в полученных уравнениях и(или) в ходе вычислений допущены ошибки, устранить которые студент может самостоятельно после подсказки.

**3-4 баллов** – студент выбирает корректную методику решения задачи, однако допускает существенные ошибки в составлении уравнений и(или) в ходе расчётов, которые не может устранить самостоятельно.

**Ниже 3 баллов** – студент имеет представление о выборе метода решения задачи, однако не способен применить его для достижения требуемого результата.

## **6 Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине**

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре. Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

### **Виды самостоятельной работы**

- Изучение основной и дополнительной литературы;
- Решение задач и упражнений;
- Конспектирование учебной литературы и анализ научных публикаций.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

### 7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1	<b>Гершанок, В. А.</b> Теория поля : учебник для бакалавров / В. А. Гершанок, Н. И. Дергачев. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 278 с.	Допущено УМО по классическому университетскому образованию	URL: <a href="https://urait.ru/bcode/506815">https://urait.ru/bcode/506815</a>

### 7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров / URL
1	Терлецкий, Я. П. Электродинамика : Учеб. пособие. - М. : Высш. шк., 1980. - 335с.		1
2	Будадин, О. Н. Тепловой контроль : учеб. пособие для вузов / под ред. В. В. Ключева. - М. : Спектр, 2011. - 176с.	Рек. НМС по автоматизиров. системам и испытан. РАН в качестве учеб. пособия для студ вузов	2

### 7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

- <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> – образовательный веб-ресурс «Мир математических уравнений» содержит большое количество статей, сборников, справочников и научных статей по математике, математической физике, теории поля, аналитической механике и математическому моделированию.

### 7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

#### 7.4.1 Методические рекомендации

1. Теория физических полей : метод. рек. к практич. занятиям для студентов / сост. Н. В. Герасименко. - Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2023. - 40с [электронная версия]

#### 7.4.2 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

**Python 3** — (свободное программное обеспечение) для вычислений и визуализации результатов расчётов.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ**

по дисциплине «Теория физических полей»  
 направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»  
 Направленность (профиль) «Биотехнические и медицинские аппараты и системы»  
 на 2024-2025 учебный год

№	Дополнения и изменения			Основание	
<b>Включить в п. 7.1 Основная литература:</b>					
1	№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров	Поступление литературы в библиотеку
	2	<b>Ташлыкова-Бушкевич, И. И.</b> Физика : учебник: в 2 ч. Ч. 1 : Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм. - 2-е изд., испр. - Мн. : Вышэйш. шк., 2014. - 303с. : ил.	Утверждено МО РБ в качестве учебника для студ. вузов	25	
1	3	<b>Ташлыкова-Бушкевич, И. И.</b> Физика : учебник: в 2 ч. Ч. 2 : Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. - 2-е изд., испр. - Мн. : Вышэйш. шк., 2014. - 232с. : ил.	Утверждено МО РБ в качестве учебника для студ. вузов	25	Поступление литературы в библиотеку
	<b>Включить в п. 7.2 Дополнительная литература:</b>				
2	№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров	Поступление литературы в библиотеку
	3	<b>Борисов, В. И.</b> Источники и приемники физических полей и излучений : учеб. пособие / В. И. Борисов, В. А. Новиков, С. С. Сергеев. - Старый Оск ол : ТНТ, 2022. - 368с. : ил.	Рек. фед. УМО ВО по укрупн. гр. спец. и направл. подготовки в качестве учеб. пособия для студ. вузов	20	

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Физические методы контроля», протокол № 8 от 07.03.2024 г.

Заведующий кафедрой ФМК

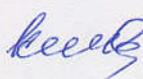
А. В. Хомченко

Декан ЭТФ

С. В. Болотов

СОГЛАСОВАНО:

Ведущий библиотекарь



Р. А. Кевельева

Начальник учебно-методического  
отдела



О. Е. Печковская  
26.03.2024