



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и космической физики**



**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета

/ Н.М. Буднев

17 апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Наименование дисциплины (модуля):** Б1.О.12.03 Электричество и магнетизм

**Направление подготовки:** 03.03.03 Радиофизика

**Направленность (профиль) подготовки:** Радиофизика в области связи, информационных и телекоммуникационных технологий

**Квалификация выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики

**Протокол №** 7  
от «26» марта 2024 г.

**Зав. кафедрой** д.ф.-м.н., доцент  
А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2024 г.**

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля) .....</b>	<b>3</b>
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО .....</b>	<b>3</b>
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины .....</b>	<b>4</b>
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....</b>	<b>5</b>
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	6
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
4.3. Содержание учебного материала .....	8
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	11
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....	13
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	14
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	15
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>16</b>
а) <i>перечень литературы</i> .....	16
б) <i>периодические издания</i> .....	17
в) <i>список авторских методических разработок</i> .....	17
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	17
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>17</b>
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	17
6.2. Программное обеспечение: .....	17
6.3. Технические и электронные средства: .....	18
<b>VII. Образовательные технологии .....</b>	<b>18</b>
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....</b>	<b>18</b>

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Электромагнитные взаимодействия являются одними из четырех фундаментальных типов взаимодействий известных на сегодняшний день. Целью курса является изучение электромагнитных взаимодействий как одного из фундаментальных взаимодействий в природе, основных экспериментальных закономерностей, лежащих в основе теории электромагнетизма, общих законов электромагнетизма, связи электромагнитной теории с современными технологиями, а также формирование у студентов знаний и умений, позволяющих моделировать электромагнитные явления и проводить численные расчеты соответствующих физических величин.

### Задачи дисциплины.

Данный курс призван решать следующие задачи:

- раскрыть роль электромагнитных взаимодействий в природе, сформулировать основные задачи теории электромагнетизма, установить область применимости электромагнитной теории, описать ее структурные элементы и понятия;
- рассмотреть основные экспериментальные закономерности электромагнитных явлений, принципы построения теории электромагнетизма на их основе, структуру и математическую форму основных уравнений электромагнитного поля, особенности их использования при описании различных электромагнитных явлений;
- рассмотреть основные методы экспериментального и теоретического исследования электромагнитных явлений, использование электромагнитных явлений в современных технологиях;
- дать базовые знания по использованию теории электромагнетизма в различных областях физики и техники при построении радиоэлектронных устройств и электрических систем.

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Электричество и магнетизм» входит в модуль Общая физика обязательной части Б1 основной профессиональной образовательной программы по направлению **03.03.02** Физика.

Для усвоения курса по электричеству и магнетизму необходимы знания, умения и навыки, формируемые дисциплинами «**Математического анализа**», основными операциями **векторного анализа** (взятие градиента, производной по направлению, дивергенции, ротора), методами решения простых **обыкновенных дифференциальных уравнений**.

Студент должен владеть основными методами и представлениями **классической механики** (кинематика и динамика частицы в силовом поле, импульс, кинетическая и потенциальная энергия, момент импульса), статистическими методами описания большого числа ча-

стиц (функции распределения Максвелла и Больцмана, вычисление средних значений физических величин), иметь представление о фазовых переходах.

Понятия, законы и методы, введенные в курсе электричества и магнетизма, будут использоваться в курсах электродинамики, радиоэлектроники, термодинамики и статистической физики, квантовой механики, дисциплинах специализации на всех специализациях физического факультета. Электромагнитные методы измерений будут использоваться в лабораториях физического практикума и лабораториях специализаций. Общая трудоемкость дисциплины – 5 зачетных единиц.

### III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

- Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности (ОПК-1);
- Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-2).

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-1	ИДК ОПК.1.2 Применяет базовые знания в области физики и радиофизики для решения прикладных задач профессиональной деятельности	<b>Знает:</b> основные понятия, законы и модели электричества и магнетизма; основные характеристики электромагнитных полей и законы электромагнетизма.  <b>Умеет:</b> использовать законы электромагнетизма для электромагнитных полей, создаваемых базовыми конфигурациями токов и зарядов.  <b>Владеет:</b> навыками использования базовых знаний в области физики в профессиональной деятельности; навыками решения типовых задач по расчету основных характеристик электромагнитных полей
ОПК-2	ИДК ОПК.2.1 Проводит экспериментальные научные исследования радиофизических	<b>Знает:</b> основные научные методы теоретического и экспериментального исследования физических объектов, процессом и явлений; основные ха-

	объектов, систем и процессов	<p>рактические характеристики электрических цепей и законы для их расчета</p> <p><b>Умеет:</b> применять теоретические знания к решению практических задач; проводить расчеты разветвленных электрических и радио цепей.</p> <p><b>Владеет:</b> методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; навыками расчета электрических цепей постоянного и переменного тока.</p>
--	------------------------------	--

#### IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часов, в том числе 107 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Напряженность электрического поля. Общая задача материальной электростатики.	3	10		2	4/2		2	Решение задач, опрос, коллоквиум Отчёт по лабораторной работе, собеседование
2	Тема 2. Работа сил электрического поля. Потенциал электрического поля.	3	12,1		2	2/6	0,1	2	
3	Тема 3. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.	3	10,1		4	4	0,1	2	
4	Тема 4. Законы постоянного тока .	3	10,1		4	4	0,1	2	
5	Тема 5. Энергия электростатического поля .	3	6,1		2	2	0,1	2	
6	Тема 6. Законы магнитостатики в вакууме и в веществе .	3	22,1		4	4/12	0,1	2	
7	Тема 7. Переменные поля. Электромагнитная индукция. Полная система уравнений Максвелла	3	10,1		4	4	0,1	2	Отчёт по лабораторной работе, собеседование, Решение задач, опрос, коллоквиум, письменный текущий контроль
8	Тема 8. Релятивистские преобразования полей	3	5,1		2	2	0,1	1	
9	Тема 9. Законы переменного тока. Квазистационарные процессы	3	20,1		4	2/12	0,1	2	
10	Тема 10. Токи в жидкостях и в газах	3	5,1		2	2	0,1	1	
11	Тема 11. Движение заряженных частиц в электромагнитном поле	3	6,1		2	2	0,1	2	
	КОНтроль		10						
	КСР		0						
	Экзамен		17						
<b>Итого часов</b>			<b>144</b>		<b>32</b>	<b>32/32</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Все темы	самостоятельное решение задач на практических занятиях	В течение семестра	4	Контрольная работа	И. В. Савельев Курс общей физики И.Е. Иродов, «Задачи по общей физике»
3	Все темы	Работа с учебником, решение домашних задач	В течение семестра	4	Контрольная работа	
3	Темы 1,2,6,9	- изучение теоретической части лабораторной работы; - оформление отчета; - подготовка к отчёту	В течение семестра	4	Отчёт, ответы на контрольные вопросы	Вся рекомендуемая литература
3	Все темы	Закрепление лекционного материала для работы на практических занятиях	В течение семестра	4	Опрос	
3	Все темы	Подготовка к экзамену	К концу семестра	4	Экз.вопросы	
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				20		

### 4.3. Содержание учебного материала

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Напряженность электрического поля. Общая задача материальной электростатики.

Закон Кулона. Принцип суперпозиции для электрических сил. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции для напряжённости электрического поля. Способы задания электростатического поля. Напряжённость электрического поля точечного заряда. Прямая задача электростатики. Решение прямой задачи электростатики с учётом напряжённости электрического поля точечного заряда и принципа суперпозиции для напряжённости электрического поля. Поток электрического поля через произвольную поверхность. Закон Гаусса, Теорема Остроградского—Гаусса. Уравнение на напряжённость электрического поля в вакууме.

Тема 2. Работа сил электрического поля. Потенциал электрического поля.

Электрический диполь. Поле диполя. Диполь в электрическом поле. Работа электрических сил при переносе точечного заряда. Независимость работы от пути, по которому перемещают точечный электрический заряд. Потенциал электростатического поля. Закон о циркуляции электростатического поля. Теорема Стокса. Локальное условие потенциальности электростатического поля. Связь напряжённости электростатического поля и потенциала, как решение локального условия потенциальности. Потенциал точечного заряда. Потенциал произвольно распределённого заряда. Уравнение Пуассона и уравнение Лапласа на потенциал. Электрический диполь. Потенциал диполя. Напряжённость электрического поля диполя. Дипольное приближение для потенциала произвольно распределённого заряда, полный заряд которого равен нулю.

Тема 3. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.

Однородный закон Ома для участка цепи. Закон сохранения заряда. Плотность тока и локальный закон Ома. Удельная проводимость и характерные времена релаксации веществ, помещённых в электрическое поле. Проводники и диэлектрики. Законы Фарадея. Метод изображений. Распределение заряда на поверхности проводника, помещённого в электрическое поле. Ёмкость. Виды диэлектриков. Плотность дипольных моментов и вектор поляризации. Закон Гаусса для вектора поляризации. Вектор электрического смещения. Уравнение Максвелла на вектор электрического смещения. Материальные уравнения. Условия на границе раздела двух диэлектриков.



Тема 4. Электронная теория диэлектриков.

Виды поляризации. Вычисление дипольного момента атома. Усреднение поля в диэлектрике. Вычисление локального поля внутри диэлектрика. Поляризация неполярных диэлектриков. Формула Клаузиуса—Моссотти. Поляризация полярных диэлектриков. Теория Ланжевена.

Тема 5. Законы постоянного тока.

Электрические цепи. Необходимость ЭДС в электрических цепях. Закон Ома для неоднородного участка цепи Закон Джоуля-Ленца. Закон Ома для полной цепи . Правила Кирхгофа. Нарушения закона Ома. Отклонения от закона Ома в сильных полях. Электрический ток в вакуумном диоде, закон  $3/2$ .

Классическая теория проводимости металлов. Вывод локального закона Ома и закона Джоуля-Ленца из классической электронной теории. Квантовая природа проводимости металлов

Тема 6. Энергия электростатического поля.

Энергия электрического поля. Электрическая энергия конденсатора. Энергия системы точечных зарядов. Собственная энергия и энергия взаимодействия. Энергия непрерывно распределенного заряда. Локализация электрической энергии в пространстве. Взаимная энергия системы зарядов. Энергия поля в диэлектрике. Закон сохранения энергии в электростатическом поле. Пондеромоторные силы Давление и натяжение электрического поля. Метод виртуальных перемещений.

Тема 7. Законы магнитостатики в вакууме и в веществе.

Классические эксперименты Эрстеда и Роуланда. Взаимодействие движущегося точечного заряда и движущейся заряженной бесконечной нити. Вектор магнитной индукции. Закон Гаусса для магнитного поля. Циркуляция магнитного поля. Применение теоремы о циркуляции к расчету полей простых систем. Ротор магнитного поля. Векторный потенциал. Определение вектор-потенциала. Уравнение для вектор-потенциала. Решение уравнения для вектор-потенциала. Закон Био-Савара-Лапласа. Примеры применения закона Био-Савара-Лапласа. Действие магнитного поля на движущиеся заряды. Опыты Ампера. Сила Лоренца. Сила Ампера. Молекулярные токи. Магнитный момент. Сила, действующая на магнитный момент в неоднородном магнитном поле. Момент сил, действующий на магнитный момент в магнитном поле. Вектор намагничивания. Связь между вектором намагничивания и линейной плотно-

стью молекулярных токов. Связь между вектором намагничивания и поверхностной плотностью молекулярных токов. Напряженность магнитного поля. Причины магнетизма вещества. Природа молекулярных токов. Классификация магнетиков. Причина парамагнетизма. Причина диамагнетизма. Квантовая природа магнетизма. Эксперимент Штерна-Герлаха. Сверхпроводники как идеальные диамагнетики. Ферромагнетики.

Тема 8. Переменные поля. Полная система уравнений Максвелла.

Законы электромагнитной индукции Фарадея. Сила Лоренца как причина электромагнитной индукции. Электромагнитная индукция в прямоугольном контуре с движущейся рамкой. Электромагнитная индукция в рамке, движущейся в неоднородном магнитном поле. Доказательство закона Фарадея для произвольного движения контура в магнитном поле, не зависящем от времени. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. Электромагнитная индукция в случае, когда рамка покоится, но магнитное поле в районе рамки меняется. Уравнение Максвелла для вихревого электрического поля. Универсальный закон индукции. Выражение произвольного электрического поля через потенциалы. Задача о падающем конденсаторе. Диамагнетизм как следствие электромагнитной индукции. Ток смещения как следствие закона сохранения заряда. Система уравнений Максвелла и предельные случаи. Уравнения Максвелла в сплошной среде. Запись уравнений Максвелла через потенциалы.

Тема 9. Законы сохранения.

Закон сохранения заряда в интегральном и дифференциальном виде. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Поток энергии электромагнитного поля. Вектор Умова-Поинтинга. Импульс электромагнитного поля.

Тема 10. Релятивистские преобразования полей.

Измерение заряда во время движения. Инвариантность заряда. Релятивистские преобразования плотности тока и заряда. Релятивистские преобразования поверхностной плотности заряда и тока. Электрическое поле внутри движущегося плоского конденсатора. Движение заряженной частицы внутри движущегося плоского конденсатора. Релятивистские преобразование полей  $E$  и  $B$  внутри конденсатора при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Преобразования магнитного поля, направленного параллельно скорости. Обобщение на произвольный случай распре-

ления источников поля и движения системы отсчета. Отличия системы СГС от СИ.

Частные случаи преобразования полей

Тема 11. Законы переменного тока. Квазистационарные процессы.

Квазистационарные процессы в линейных проводниках. Понятие квазистационарного процесса. Индуктивность; самоиндукция. Взаимная индукция. Теорема взаимности. Магнитная энергия системы квазистационарных токов. Квазистационарные электромагнитные колебания. Дифференциальное уравнение колебательного контура. Свободные колебания. Свободные затухающие колебания. Вынужденные колебания под действием синусоидальной силы. Законы переменного тока. Закон Ома для переменного тока. Импеданс. Активное и реактивное сопротивление. Действующие значения тока и напряжения. Мощность и энергия переменного тока.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование практических занятий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1	ПЗ 1. Решение задач Закон Кулона, взаимодействие точечных и протяженных заряженных тел. ПЗ 2. Решение задач Напряженность электрического поля	4	Контрольная работа	ОПК-1; ОПК-2
2.	Тема 2	ПЗ 3,4. Решение задач Работа сил электрического поля. Потенциал электрического поля	2	Контрольная работа	ОПК-1; ОПК-2
3.	Тема 3	ПЗ 5. Решение задач Проводники в электрическом поле ПЗ 6. Решение задач Диэлектрики в электрическом поле	4	Опрос	ОПК-1 ОПК-1
4.	Тема 4	ПЗ 7 Электронная теория диэлектриков	4	Опрос	ОПК-1
5.	Тема 5	ПЗ 8, 9. Решение задач Законы постоянного тока	2	Контрольная работа	ОПК-1
6.	Тема 6	ПЗ 10. Решение задач Энергия электростатического поля	4	Контрольная работа	ОПК-1
7.	Тема 7	ПЗ 11 Законы магнитостатики в вакууме	4	Контрольная работа	ОПК-1
8.	Тема 8	ПЗ 12 Законы магнитостатики в веществе	2	Контрольная работа	ОПК-1
9.	Тема 9	ПЗ 13, 14 Электромагнитная индукция	2	Контрольная работа	ОПК-1
10.	Тема 10	ПЗ 15 Расчет квазистационарных цепей	2	Контрольная работа	ОПК-1

11.	Тема 11	ПЗ 16 Движение частиц в электромагнитных полях	2	Контрольная работа	ОПК-1
-----	---------	--	---	--------------------	-------

## Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоёмкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1	Приборы и методы электрических измерений.	4	Собеседование	ОПК-1; ОПК-2
2.	Раздел 2	Лабораторная работа 3-1. Исследование электростатических полей с помощью электролитической ванны. Лабораторная работа 3-2. Определение объемной плотности электрической энергии плоского конденсатора.	8	Отчёт, ответы на контрольные вопросы	
3.	Раздел 7	Лабораторная работа 3-3. Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли по методу Гаусса. Лабораторная работа 3-4. Измерение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра. Лабораторная работа 3-5. Исследование магнитных свойств ферромагнитных материалов. Лабораторная работа 3-6. Определение точки Кюри.	12	Отчёт, ответы на контрольные вопросы	
4.	Раздел 11	Лабораторная работа 3-7. Изучение полупроводникового диода. Лабораторная работа 3-8. Переходные процессы в электрических цепях. Лабораторная работа 3-9. Феррорезонансный стабилизатор напряжения. Лабораторная работа 3-10. Электронный осциллограф.	8	Отчёт, ответы на контрольные вопросы	

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Напряженность электрического поля. Общая задача материальной электростатики.	Прямая задача электростатики. Решение прямой задачи электростатики с учётом напряжённости электрического поля точечного заряда и принципа суперпозиции для напряжённости электрического поля.	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>
2	Законы постоянного тока.	Классическая теория проводимости металлов. Вывод локального закона Ома и закона Джоуля-Ленца из классической электронной теории. Квантовая природа проводимости металлов	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>
3	Энергия электростатического поля.	Собственная энергия и энергия взаимодействия. Энергия непрерывно распределенного заряда. Локализация электрической энергии в пространстве	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>
4	Законы магнитостатики в вакууме и в веществе.	Примеры применения закона Био-Савара-Лапласа. Действие магнитного поля на движущиеся заряды.	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>
5	Законы магнитостатики в вакууме и в веществе.	Квантовая природа магнетизма. Эксперимент Штерна-Герлаха.	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>
6	Переменные поля. Полная система уравнений Максвелла.	Уравнение Максвелла для вихревого электрического поля. Универсальный закон индукции	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>
7	Законы переменного тока. Квазистационарные процессы.	Магнитная энергия системы квазистационарных токов. Квазистационарные электромагнитные колебания	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>
	Темы 1,2,6,9	- изучение теоретической части лабораторной работы; - оформление результатов эксперимента; - подготовка к отчёту	ОПК-2	ИДК <sub>ОПК2.1</sub>
	Все темы	Подготовка к экзамену	ОПК-1	ИДК <sub>ОПК1.2</sub>

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен быть готов к показательному решению задачи у доски.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала, полученного на лекциях и на каждом практическом занятии, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя, в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы и задания по темам дисциплины:

Тема 1 Расчет электрических полей системы зарядов с помощью Закон Кулона и принципа суперпозиции полей.

Тема 2 Расчет потенциалов электрического поля для системы зарядов

Тема 3 Использование метода изображений для расчета электрических полей и потенциалов.

Тема 4 Вычисление емкости систем с диэлектриками

Тема 5 Расчет электрических цепей постоянного с использованием правил Кирхгофа.

Тема 6 Вычисление энергии электростатического поля для системы зарядов.

Тема 7 Расчеты магнитных полей, создаваемых проводниками с током с использованием закона Био-Саварра-Лапласа.

Тема 8 Расчеты магнитной индукции и магнитного поля в системах с различными магнитными свойствами.

Тема 9 Использование закона Фарадея для вычисление электромагнитной индукции.

Тема 10 Расчет электрических цепей переменного тока символическим методом..

Тема 11 Движение заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях частиц.

Методические указания к выполнению лабораторных работ:

- подробное описание проведения эксперимента, знакомство с описанием лабораторной работы.
- при получении допуска преподаватель обращает внимание на требования к отчетному материалу.
- библиографические справки на источники информации и справочный материал.
- чередование творческой работы на занятиях с заданиями во внеаудиторное время.

- во время допуска дается четкий инструктаж по выполнению самостоятельных заданий, указываются цель, условия выполнения, объем работы и сроки выполнения.
- при отчете лабораторной работы осуществляется текущий учет и контроль за самостоятельной работой студентов.
- дается оценка работы, обобщается уровень усвоения навыков самостоятельной и творческой работы.

Также может быть проведено тестирование по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

Курсовые *не предусматриваются*

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) перечень литературы

#### *основная литература*

- 1) **Грабовский, Ростислав Иванович.** Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. И. Грабовский. - Москва : Лань, 2012. - 608 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0466-7 : Б. ц.
- 2) **Курс общей физики** в трех томах [Электронный ресурс] : учебник / И. В. Савельев. - СПб. : Лань. - (Лучшие классические учебники). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 5434 (ошибочный). Т. 2 : Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - Москва : Лань, 2011. - 496 с. : ил. - ISBN 978-5-8114-0631-9 : 341 р.
- 3) **Фриш, Сергей Эдуардович.** Курс общей физики [Электронный ресурс] : учеб. : / С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. Т. 2. Электрические и электромагнитные явления. - Москва : Лань, 2008. - 519 с. : ил. - (Лучшие классические учебники) (Классическая учебная литература по физике). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0664-7. - ISBN 978-5-8114-0662-3 : Б. ц.
- 4) **Иродов, Игорь Евгеньевич.** Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Е. Иродов = Exercises in general physics. - Москва : Лань, 2009. - 416 с. : ил. - (Классическая учебная литература по физике) (Классические задачки и практикумы. Физика). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-0319-6 : Б. ц.
- 5) Электричество и магнетизм [Текст] : лабораторный практикум по физике / Иркутский гос. ун-т ; ред.: А. Д. Афанасьев, В. М. Левиант. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2005. - 140 с. : ил. ; 30 см. - Библиогр. в конце разд. - (91 экз.)

#### *дополнительная литература*

- 1) Задачи к Фейнмановским лекциям по физике [Электронный ресурс] / Ричард Ф. Фейнман, Роберт Б. Лейтон, Мэтью Сэндс = Exercises for the Feynman: Lectures on Physics. - Новое изд., перераб. и доп (эл.). - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лаборатория знаний, 2016. - 402 с. ; нет. - ЭБС "Рукопт". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-00101-423-2
- 2) Зайдель, А.Н. Ошибки измерений физических величин [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Зайдель. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2009. - 108 с. : граф. ; 20 см. - Библиогр.: с. 107. - ISBN 978-5-8114-0643-2. - (10 экз.)
- 3) Иродов, И.Е. Электромагнетизм. Основные законы [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / И.Е. Иродов. - 5-е изд. - М. : Бином. Лаб. знаний, 2006. - 319 с. : ил. ; 22 см. - Предм. указ.: с. 317-319. - ISBN 5-94774-395-7. - ISBN 5-94774-537-2.
- 4) Фейнман, Р.П. Фейнмановские лекции по физике [Текст] / Р. П. Фейнман, Р. Б. Лейтон, М. Сэндс ; пер. с англ. А. В. Ефремов. - 3-е изд. - М. : Мир. - Вып. 1 : Современная наука о природе. Законы механики, вып. 2 : Пространство. Время. Движение. - 1977. - 439 с. . - (23 экз.)



б) *периодические издания*

- нет.

в) *список авторских методических разработок*

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- 1) НБ ИГУ <http://library.isu.ru/ru>
- 2) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 3) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 4) ЭБС «Руконт» <http://rucont.ru>
- 5) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: переносной проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Лабораторный практикум по электричеству и магнетизму расположен в специальной учебной лаборатории факультета. Имеются компьютеры для обработки экспериментальных данных и модельных работ.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде, используются стандартные средства Windows и MS Office:

1. ABBY PDF Transformer 3.0 Пакет из 10 неименных лицензий Per Seat (10лиц.) EDU. Код позиции: AT30-1S1P10-102 Котировка № 03-165-11 от 23.11.2011. Бессрочно.
2. Microsoft OfficeProPlus 2013 RUS OLP NL Acdmc. Контракт № 03-013-14 от 08.10.2014.Номер Лицензии Microsoft 45936786. Бессрочно.
3. WinPro10 Rus Upgrd OLP NL Acdmc. Сублицензионный договор № 502 от 03.03.2017 Счет № ФПЗ- 0003367 от 03.03.2017 Акт № 4496 от 03.03.2017 Лицензия № 68203568. Бессрочно.

4. Kaspersky Free (ежегодно обновляемое ПО). Условия использования по ссылке: <http://www.kaspersky.ru/free-antivirus/> . Бессрочно.

### 6.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска. В ходе учебного процесса используются технические средства обучения и контроля знаний студентов (презентации, контролирующие программ, демонстрационных установок), использование которых предусмотрено методической концепцией преподавания

## VII. Образовательные технологии

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **лекции**, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **лабораторные работы**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач, в том числе у доски.

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Практические занятия проводятся в интерактивной форме. Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

## VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

### 8.1.1. Оценочные средства для входного контроля

(могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

### 8.1.2. Оценочные средства текущего контроля

Текущий контроль реализуется в виде письменного текущего контроля на ПЗ 1-ПЗ 16, при защите лабораторных работ. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенции ПК-1.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

За посещение одного вида занятия дается 0,6 балла (25 занятий (Л+Пз+ЛР)\*0,6 балла = 15 баллов), максимальное количество баллов за письменный контроль на СКР – 5 баллов, за Пз – 54 баллов (6 летучек \*5 балла= 30 баллов, решение задач у доски или самостоятельное досрочное решение всех задач, выносимых на ПЗ – 6 занятий\*4 бал-

ла=24 баллов), лабораторные работы (ЛР) – 30 баллов (3\*ЛР\*10 баллов=30 баллов).

Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля и решения задачи у доски или самостоятельного досрочного решения всех задач, выносимых на ПЗ 1-ПЗ 16. Параметры оценочного средства для КСР.

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 5 баллов.	Хорошо 3,5 балла	Удовлетв. 2 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания.	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки.	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки.	Задание не выполнено или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х ошибок.

Вопросы для письменного текущего контроля приведены ниже:

1	<b>Тема 1</b>	ПЗ 1, 2. Электрический диполь, поле и потенциал диполя. Электрическое поле равномерно заряженного шара, цилиндра, плоскости. Роль симметрии при использовании теоремы Гаусса. Понятие силовой линии электрического поля.
2	<b>Тема 2</b>	ПЗ 3,4. Понятие консервативной силы. Независимость работы сил электрических полей от траектории движения между заданными точками. Эквипотенциальные поверхности электрического диполя, при сферическом, цилиндрическом и плоском распределении зарядов.
3	<b>Тема 3</b>	ПЗ 5. Электрическое поле у поверхности проводника, Граничные условия на границе раздела с проводниками. Экранировка. Использование метода изображений для расчета электрических полей и потенциалов. Емкость, конденсаторы различной конфигурации. Способы расчета емкости для одиночных тел и конденсаторов. ПЗ 6. Понятие поляризации диэлектриков. Вектор индукции электрического поля. Граничные условия для диэлектриков. Расчет емкостей при наличии диэлектриков.
4	<b>Тема 4</b>	ПЗ 7 Полярные и неполярные диэлектрики. Формула Клаузиса-Масотти. сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики
	<b>Тема 5</b>	ПЗ 8, 9. Электрический ток и плотность электрического тока, электрическое сопротивление и его природа в металлах и газах. Закон Ома для полной цепи, закон Ома в дифференциальной форме. Расчеты разветвленных электрических цепей с использованием правил Кирхгофа. Решение задач Законы постоянного тока
	<b>Тема 6</b>	ПЗ 10. Энергия электростатического поля конденсатора. Расчет энергии электрического поля для системы зарядов.
	<b>Тема 7</b>	ПЗ 11 Закон Ампера, Закон о циркуляции магнитной индукции. Магнитное поле проводника с током и петли. Закон Био-Саварра-Лапласа. Магнитное поле движущегося заряда. Магнитный момент.
	<b>Тема 8</b>	ПЗ 12 Магнитный диполь. Вектор намагниченности. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Напряженность магнитного поля. Граничные условия для магнетиков. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
	<b>Тема 9</b>	ПЗ 13, 14 Поток вектора магнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Расчет ЭДС. Индуктивность. Взаимная индуктивность. Теорема взаимности. Трансформатор напряжения.

<b>Тема 10</b>	ПЗ 15 Активные и реактивные элементы квазистационарных цепей. Импеданс резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности. Векторный и символический методы расчета квазистационарных цепей. Резонансы токов и напряжений. Добротность
<b>Тема 11</b>	ПЗ 16 Движение заряженных частиц в магнитном и электрическом полях. Ларморовская частота. Движение частиц в скрещенных электромагнитных полях.

В рамках лабораторных работ имеются контрольные вопросы и упражнения в соответствующих методических материалах к каждой работе. Ниже приведен пример таких вопросов:

1. *Графическое изображение электростатических полей. Электрическая схема установки для визуализации электростатического поля.*
2. *Устройство и принцип действия конденсатора.*
3. *Отличительные свойства парамагнетиков, диамагнетиков и ферромагнетиков.*
4. *Экспериментальная установка для определения точки Кюри.*
5. *Принцип работы полупроводникового диода.*
6. *Стабилизация напряжения в цепи переменного тока и способы ее осуществления.*
7. *Устройство и принцип действия электронного осциллографа. Особенности конструкции осциллографа в зависимости от типа решаемой задачи.*

### 8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенции ПК-1 и проводится в форме экзамена. Форма проведения экзамена – устный по билетам или письменный по билетам. Экзамены проводятся во время экзаменационных сессий в соответствии с расписанием.

Экзаменационный билет состоит из одного теоретического и одного практического вопроса. Экзаменационные задания (билеты) для приема экзаменов выполнены многовариантными, чтобы исключить возможность списывания и обмена информацией в ходе экзамена.

Студент бакалавр допускается к экзамену в том случае, если в течение семестра за текущую работу набрано 40 баллов и более. В противном случае выставляется 0 сессионных баллов. Во время экзамена студент бакалавр может набрать до 30 баллов. Если на экзамене ответ студента оценивается менее чем 10-ю баллами, то экзамен считается не сданным, студенту бакалавру выставляется 0 баллов, а в ведомость выставляется оценка «неудовлетворительно».

Если на экзамене студент набирает 10 и более баллов, то они прибавляются к сумме баллов за текущую работу и переводятся в академическую оценку, которая фиксируется в ведомости и зачетной книжке студентов.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
60-70 баллов	«удовлетворительно»
71-85 баллов	«хорошо»
86-100 баллов	«отлично»

Преподаватель имеет право выставить экзаменационную оценку (с согласия студента) без процедуры сдачи экзамена, если сумма баллов, набранная студентом за текущую работу составит более 70 баллов. В этом случае к набранному студентом количеству баллов за текущую работу автоматически добавляется 20 баллов и выставляется соответствующая академическая оценка.

Критерии	Оценка			
	Отлично	Хорошо	Удовлетв.	Неудовлетв.
Знание	Всесторонние глубокие знания <b>(10 -11 баллов)</b>	Знание материала в пределах программы <b>(7 -9 баллов)</b>	Отмечены пробелы в усвоении программного материала <b>(4 -6 баллов)</b>	Не знает основное содержание дисциплины <b>(0-3 балла)</b>
Понимание	Полное понимание материала, приводит примеры, дополнительные вопросы не требуются <b>(8 -10 баллов)</b>	Понимает материал, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы <b>(6 -8 баллов)</b>	Суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводит, ответы на дополнительные вопросы неуверенные <b>(4 -6 баллов)</b>	С трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы <b>(0-3 балла)</b>
Применение проф. терминологии	Дает емкие определения основных понятий, корректно использует профессиональную терминологию <b>(3-5 баллов)</b>	Допускает неточности в определении понятий, не в полном объеме использует профессиональную терминологию <b>(2-3 балла)</b>	Путает понятия, редко использует профессиональную терминологию <b>(1-2 балла)</b>	Затрудняется в определении основных понятий дисциплины, некорректно использует профессиональную терминологию <b>(0-2 балла)</b>
Соблюдение норм литературного языка	Соблюдает нормы литературного языка, обладает научный стиль изложения <b>(3-4 балла)</b>	Соблюдает нормы литературного языка, допускает единичные ошибки <b>(2-3 балла)</b>	Допускает множественные речевые ошибки при изложении материала <b>(1-2 балла)</b>	Косноязычная речь искажает смысл ответа <b>(0-1 балл)</b>

### Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену

1. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции.
2. Система уравнений Максвелла в интегральной форме. Физический смысл уравнений Максвелла.
3. Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме, связь с уравнениями в интегральной форме.
4. Объяснение парамагнетизма по Ланжевону.

5. Работа сил электрического поля. Потенциал электрического поля. Связь между электрическим потенциалом и напряженностью электрического поля.
6. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея и его формулировка в дифференциальной форме.
7. Электрический диполь. Поле диполя. Диполь в электрическом поле.
8. Электромагнитное поле движущихся зарядов (токов). Относительность величин напряженности электрического поля и магнитной индукции.
9. Проводники в электростатическом поле. Электростатическая экранировка.
10. Поток вектора магнитной индукции. Индуктивность контура. Коэффициент взаимной индукции.
11. Емкость. Конденсаторы.
12. Магнитное взаимодействие токов. Магнитная индукция. Закон Ампера.
13. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации. Влияние поляризации на электрическое поле.
14. Закон Био-Савара-Лапласа. Его применение для расчета магнитных полей прямолинейного проводника с током и кругового тока.
15. Индукция электрического поля. Закон Гаусса для диэлектриков. Граничные условия.
16. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
17. Электронная теория поляризации диэлектриков. неполярные диэлектрики. Формула Клаузиуса-Мосотти.
18. Теорема о циркуляции магнитного поля в вакууме. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.
19. Полярные диэлектрики. Пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики.
20. Векторный потенциал. Его связь с вектором магнитной индукции.
21. Характеристики электрического тока. Уравнение неразрывности.
22. Магнитный момент тока.
23. Закон Ома для участка цепи. Дифференциальная форма закона Ома.
24. Сила Лоренца.
25. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца и его дифференциальная форма.
26. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи.
27. Электрическое поле в диэлектриках. Вектор поляризации. Вектор индукции электрического поля.
28. Электрический колебательный контур. Собственные колебания в контуре.
29. Основные положения классической электронной теории металлов. Законы Ома и Джоуля-Ленца в классической теории.
30. Работа и мощность переменного тока.
31. Понятие о зонной теории твердых тел. Особенности зонной структуры металлов.
32. Движение зарядов в электрическом и магнитном поле
33. Электрический ток в жидкостях.
34. Механизмы намагничивания сред. Намагниченность. Поверхностные молекулярные токи. Напряженность магнитного поля в магнетиках. Материальное уравнение для векторов поля
35. Электрический ток в газах.
36. Магнитное поле движущегося заряда.

37. Классическое описание диамагнетизма. Ларморова прецессия.
38. Движение зарядов в скрещенных электрическом и магнитном полях.
39. Ферромагнетики. Элементарная теория ферромагнетизма.
40. Поток вектора напряженности электрического поля. Закон Гаусса.

Пример тестовых заданий для проверки остаточных знаний:

1. Имеются сфера и равномерно заряженный шар с одинаковыми радиусом  $r$  и зарядом  $Q$ . На расстоянии  $R > r$  напряженность электрического поля больше
  - а) у шара;
  - б) у сферы;
  - в) напряженность поля одинаковая.
2. Имеется металлический шар с полостью. Будет ли меняться напряженность электрического поля вне шара при перемещении заряда  $Q$  внутри полости?
  - а) будет;
  - б) не будет;
3. Имеется бесконечно длинная труба с внутренним радиусом  $r$  и наружным  $R$ , по которому течет ток  $I$ . Чему равно магнитное поле внутри трубы?
  - а) 0;
  - б)  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$
  - в)  $\infty$

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	<b>Письменный текущий контроль</b>	Все темы	ОПК-1
2.	Отчёт по лабораторной работе	Темы 1,2,6,9	ОПК-2
3.	Экзамен	Все темы	ОПК-1, ОПК-2

Пример экзаменационного билета.



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3**

По курсу " Общая физика (Электричество и магнетизм)

1. Работа сил электрического поля. Потенциал электрического поля. Связь между электрическим потенциалом и напряженностью электрического поля.
2. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея и его формулировка в дифференциальной форме.

**Экзаменационные билеты рассмотрены на заседании Учебно-методической комиссии факультета «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.**

**Председатель учебно-методической комиссии Н.М. Буднев**

**Разработчик:**

\_\_\_\_\_  
(подпись)

декан  
(занимаемая должность)

Буднев Н.М.  
(Ф.И.О.)



**Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше в п.III:**

1. Имеются сфера и равномерно заряженный шар с одинаковыми радиусом  $r$  и зарядом  $Q$ . На расстоянии  $R > r$  напряженность электрического поля больше
  - а) у шара;
  - б) у сферы;
  - в) напряженность поля одинаковая.
  
2. Имеется металлический шар с полостью. Будет ли меняться напряженность электрического поля вне шара при перемещении заряда  $Q$  внутри полости?
  - а) будет;
  - б) не будет;
  
3. Имеется бесконечно длинная труба с внутренним радиусом  $r$  и наружным  $R$ , по которому течет ток  $I$ . Чему равно магнитное поле внутри трубы?
  - а)  $H = \frac{Ir}{2\pi R^2}$
  - б)  $H = \frac{I}{2\pi r}$
  - в) 0

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика.

**Разработчик:**



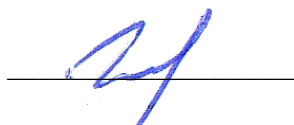
д.ф.-м.н., профессор Н.М. Буднев

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«26» марта 2024 г.

Протокол № 7

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**