

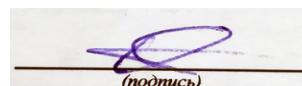
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Физический практикум по электричеству и магнетизму»**

Направление подготовки  
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль)  
«Интегральная электроника и нанoeлектроника»

Форма обучения  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Физический практикум по электричеству и магнетизму» являются:

- приобретение практических навыков проведения физического эксперимента по дисциплинам курса физики;
- овладение теоретическими знаниями основных понятий, законов и моделей по дисциплинам курса физики;
- освоение основных методов обработки и анализа экспериментальных результатов.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Физический практикум по электричеству и магнетизму» относится к обязательной части Блока 1 и является частью модуля «Общий физический практикум».

Данная дисциплина изучается вместе с соответствующей дисциплиной общего курса физики – «Электричество и магнетизм». Дисциплина «Физический практикум по электричеству и магнетизму» опирается на содержание дисциплины «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ». Полученные в курсе «Физический практикум по электричеству и магнетизму» знания необходимы для изучения дисциплин «Электродинамика», «Теоретические основы электротехники», «Физика полупроводников и низкоразмерных систем».

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-2.</b> Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.	<b>ИД_ОПК-2.1.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	<b>Знать:</b> – основные физические величины и характеристики процессов и явлений на каждом структурном уровне организации материи; – связи между физическими характеристиками явлений и процессов; – области применимости количественных соотношений между физическими характеристиками.  <b>Уметь:</b> – использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов.
	<b>ИД_ОПК-2.2.</b> Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.	<b>Знать:</b> – физические теории, позволяющие объяснять известные и предсказывать новые научные результаты. – физические теории, позволяющие объяснять известные и предсказывать новые научные результаты.  <b>Уметь:</b> – использовать законы сохранения, фундаментальные физические закономерности; – понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию.

	<p><b>ИД_ОПК-2.3.</b> Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы проведения экспериментальных исследований;</li> <li>- системы стандартизации и сертификации.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировать на математическом языке и решать физические задачи;</li> <li>- уметь самостоятельно проводить экспериментальные исследования.</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использования математического аппарата при решении физических задач;</li> <li>– работы с электроизмерительными приборами.</li> </ul>
	<p><b>ИД_ОПК-2.4.</b> Способен выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способы и средства измерений.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить экспериментальные исследования.</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации.</li> </ul>

	<p><b>ИД_ОПК-2.5.</b> Демонстрирует умения обработки и представления полученных данных и анализа оценки погрешности результатов.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы статистической обработки результатов измерения в общем физическом практикуме;</li> <li>– основные виды распределений случайных величин.</li> </ul> <p>-основы работы в Excel, Wolfram Mathematica.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обрабатывать результаты прямых и косвенных измерений;</li> <li>- пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации;</li> <li>– графического представления экспериментальных результатов</li> <li>– использования информационных технологий при решении физических задач.</li> </ul>
--	--	--

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	«Изучение электроизмерительных приборов». Лабораторная работа № 1	3			3	1		4	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
2	«Законы постоянного тока». Лабораторные работы № 2-5, 9, 11	3			24	2		5	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
3	«Законы переменного тока». Лабораторные работы № 6-8, 12	3			24	2		5	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
							0,3	1,7	Зачёт
	ИТОГО				51	5	0,3	15,7	

Содержание разделов дисциплины:

1. Изучение электроизмерительных приборов.
2. Измерение сопротивления мостовым методом.
3. Измерение принципа электрических компенсационных измерений.
4. Контактные явления в металлах. Градуировка темопары.
5. Проверка правил Кирхгофа для цепей постоянного тока.
6. Изучение электростатического поля.
7. Определение постоянной времени цепи, содержащей сопротивление и емкость.
8. Проверка закона Богуславского-Ленгмюра для вакуумного диода и определение удельного заряда электрона.
9. Изучение температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников.
10. Измерение индуктивности, емкости и проверка закона Ома для переменного тока.
11. Мостовые методы измерения реактивных сопротивлений.

12. Исследование явления резонанса в электрических цепях.
13. Исследование магнитного поля соленоида.
14. Снятие основной кривой намагничивания ферромагнетика. Изучение зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля.
15. Контактные явления в полупроводниках, выпрямляющее действие р-n-перехода.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Лабораторное занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. Это форма организации обучения, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя выполняют одну или несколько лабораторных работ. Основные дидактические цели лабораторных работ – экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, проверка формул, ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований. В ходе работы студенты вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков. Одновременно у студентов формируются профессиональные умения и навыки обращения с приборами, аппаратурой и другими техническими средствами для проведения опытов. В соответствии с дидактическими целями определяется содержание лабораторных работ: изучение свойств веществ, их качественных характеристик, количественных показателей, изучение устройства и работы приборов, оборудования, их испытание, снятие характеристик и т. д.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- для формирования текстов методических материалов для лабораторных работ, промежуточной и текущей аттестации, а также отчетов студентов по лабораторным работам – пакеты Microsoft Office и Open/Libre Office;
- для расчёта формул – программа Wolfram Mathematica;
- для обработки результатов данных Excel.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Савельев И. В. Курс общей физики. В 5 т. Том 2. Электричество и магнетизм : учебное пособие для вузов. СПб. Лань, 2022.
2. Зимин С. П. Физический практикум по электричеству и магнетизму: учеб. пособие для вузов. Ярославль. ЯрГУ, 2010.  
<http://www.lib.uniyl.ac.ru/edocs/iuni/20100704.pdf> (электронный ресурс)

### **б) дополнительная литература**

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики : учебное пособие : в 5 томах. Том 3 : Электричество. М. Лань, 2020.
2. Трофимова Т. И. Курс физики. М. Академия, 2004.
3. Зайдель А. Н. Ошибки измерений физических величин. Л. Наука, 1974.
4. Майсова Н. Н. Практикум по курсу общей физики. М., Высшая школа, 1970.

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

### **Перечень используемого оборудования:**

#### **Лабораторная работа №1**

- Набор стрелочных приборов для изучения

#### **Лабораторная работа №2**

- Лабораторный макет (собств. изг.)
- Магазины сопротивлений
- Эталонное сопротивление
- Неизвестное сопротивление
- Источник тока (батарейка)

#### **Лабораторная работа №3**

- Потенциометр ПП-63
- Нормальный элемент
- Источник неизвестной ЭДС
- Делитель напряжения
- Магазин сопротивлений



#### Лабораторная работа №4

- Нагреватель
- Вольтметр В7-16
- Набор термопар

#### Лабораторная работа №5

- Лабораторный макет (собств. изг.)

#### Лабораторная работа №6

- Учебно-лабораторная установка "Электричество и магнетизм" (Росучприбор)

#### Лабораторная работа №7

- Учебно-лабораторная установка "Электричество и магнетизм" (Росучприбор)

#### Лабораторная работа №8

- Лабораторный макет (собств. изг.)
- Источник питания Mustech HY3002
- Источник питания Б5-50
- Цифровой мультиметр (2 шт.) из комплекта учебно-лабораторной установки "Электричество и магнетизм" (Росучприбор)

#### Лабораторная работа №9

1. Нагреватель (тот же, что и в Лабораторная работа №4)
2. Вольтметр В7-16 (тот же, что и в Лабораторная работа №10)
3. Набор термосопротивлений

#### Лабораторная работа №10

- Лабораторный макет (собств. изг.)
- Генератор Актаком АНР-1105
- Вольтметр В7-16 (2 шт.)
- Эталонное сопротивление

#### Лабораторная работа №11

- Лабораторный макет (собств. изг.)
- Генератор Актаком АНР-1105 (тот же, что и в Лабораторная работа №10)
- Вольтметр В7-16 (тот же, что и в Лабораторная работа №10)
- Магазин сопротивлений
- Эталонное сопротивление

#### Лабораторная работа №12

- Учебно-лабораторная установка "Электричество и магнетизм" (Росучприбор)

#### Лабораторная работа №13

- Лабораторный макет (собств. изг.)
- Источник питания переменного тока
- Вольтметр В3-38
- Амперметр

#### Лабораторная работа №14

- Учебно-лабораторная установка "Электричество и магнетизм" (Росучприбор)

Лабораторная работа №15

- Лабораторный макет (собств. изг.)
- Микровольтнаноамперметр Ф-136
- Источник питания Б5-49

Автор(ы) :

Старший преподаватель кафедры  
микроэлектроники и общей физики

\_\_\_\_\_

А.Н. Сергеев

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Физический практикум по электричеству и магнетизму»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

При выполнении лабораторной работы, студент должен представить её результаты в форме отчета, согласно единым требованиям. Отчёт подаётся каждым студентом индивидуально.

**2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**  
На зачёте проверяется сформированность компетенции ОПК-2 (индикатор ИД\_ОПК-2.1, ИД\_ОПК-2.2, ИД\_ОПК-2.3).

1. Что такое класс точности прибора?
2. Как, используя класс точности, определить погрешность измерения?
3. Поясните принцип действия приборов магнитоэлектрической (электромагнитной, электродинамической, электростатической, индукционной, тепловой, вибрационной системы).
4. Сформулируйте правила работы с многопредельными приборами.
5. Почему важно знать собственное сопротивление прибора?
6. В каких единицах измеряется напряженность магнитного поля и магнитная индукция?
7. Вывести формулу для значения магнитной индукции бесконечного соленоида исходя из теоремы о циркуляции вектора магнитной индукции и как предельный переход формулы (9).
8. Объясните расхождение теоретической и экспериментальной зависимостей магнитной индукции от расстояния вдоль оси соленоида.
9. При каких предположениях верен закон трех вторых? Насколько оправдываются эти предположения в реальных лампах?
10. Вывод закона Богуславского-Ленгмюра.
11. Какие факторы ведут к отклонению от этого закона?
12. При каких точках накала полученные вами кривые ближе к закону трех вторых? Почему?
13. Объясните полную вольтамперную характеристику диода с участком насыщения.
14. В чем состоит явление электрического сопротивления? Что такое активное и реактивное сопротивления?
15. Приведите примеры активного и реактивного сопротивлений. Всегда ли активное сопротивление является омическим (резистивным)? Каковы физические причины их возникновения?
16. Что такое эффективное значение тока и напряжения? Как они вычисляются?
17. Каковы единицы измерения индуктивности, емкости, сопротивления в системе СИ? Дайте их определения.

18. Запишите закон Ома для переменного тока в вещественной форме. Что такое полное сопротивление?
19. Запишите закон Ома для переменного тока в комплексной форме. Что такое импеданс цепи?
20. Какой смысл имеет действительная и мнимая части импеданса, его модель и аргумент?
21. Получите формулы резистивного, индуктивного и емкостного сопротивлений и их импедансов. Постройте соответствующие векторные диаграммы.
22. Объясните, с чем связано то, что метод определения активного сопротивления, предложенный в упражнении 2, дает систематически заниженные показания. Почему активное сопротивление катушек и конденсаторов неодинаковы для разных частот?
23. Где используются и для чего предназначены мостовые схемы?
24. Объясните, как работают схемы мостов: Максвелла, Уитстона, Овена, Вина, резонансного.

Зачет по физическому практикуму по механике выставляется по итогам текущей аттестации, при выполнении студентом установленного количества лабораторных работ.

### **Правила выставления оценки**

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачет» или «незачет».

**Оценка «зачет»** выставляется студенту, который подготовил отчёты по лабораторным работам, знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов электромагнетизма, методов обработки результатов, умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, умеет использовать материалы к лабораторным работам, владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

**Оценка «незачтено»** выставляется студенту, у которого не подготовлен хотя бы один отчёт по необходимым лабораторным работам, который не знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов электромагнетизма, методов обработки результатов, не умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, не умеет использовать материалы к лабораторным работам или не владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

## **Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Физический практикум по электричеству и магнетизму»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Физический практикум по электричеству и магнетизму играет важную роль в процессе изучения студентами основных физических законов и закономерностей, прививает им навыки самостоятельной постановки и проведения физического эксперимента, знакомит их с методами обработки результатов измерений и представлением полученных данных в виде графиков и таблиц. В физическом практикуме рассмотрены основные закономерности электрических и магнитных явлений в вакууме, диэлектриках, полупроводниках, проводниках электрического тока. Обсуждается применение установленных закономерностей в науке и технике. Рассмотрены основные исторические исследования, вклад отечественных ученых в развитие электродинамики. Подчеркнута роль электромагнитного взаимодействия в формировании научной картины мира.

1. Занятия проходят по расписанию физического факультета в лаборатории 104 (2 учебного корпуса) – лаборатория «Электричество и магнетизм».
2. Ответственным за проведение занятий в каждой группе является преподаватель, ведущий в этой группе физический практикум. В лаборатории, как ответственный за работу приборов и аппаратуры, присутствует лаборант. Каждый студент заранее получает информацию о номере лабораторной работы физического практикума, которую ему предстоит выполнять на очередном занятии.
3. Студент должен без опоздания явиться в лабораторию, где выполняется физический практикум.
4. На занятия физического практикума студент должен приходить подготовленным к выполнению лабораторной работы, что означает: усвоение теоретического материала по теме лабораторной работы, знание порядка ее выполнения, основных элементов установки, методов обработки результатов. При подготовке следует изучить описание и дополнительный материал в рекомендованной литературе (в конце описания), подготовить ответы на контрольные вопросы.
5. После изучения описания лабораторной работы студент должен подготовить в рабочей тетради конспект теоретического материала, привести схему экспериментальной установки и основные расчетные формулы, приготовить таблицы для записи результатов экспериментов, указать названия упражнений.
6. Измерения на установке производятся в том порядке, который указан в описании лабораторной работы. В рабочую тетрадь, или, как правило, в заранее подготовленную таблицу, студент должен записать результаты всех проведенных прямых измерений непосредственно во время эксперимента. Все данные записываются в таблицу только ручкой, предельно аккуратно, с указанием размерности измеряемых величин. Если для обработки данных используется компьютер, то данные сначала записываются в тетрадь и только потом в компьютер. Если студент не может объяснить, как они получены, то это может послужить основанием для неудовлетворительной оценки. По окончании выполнения эксперимента студент представляет результаты измерений преподавателю. Преподаватель подписывает результаты в рабочей тетради студента и делает отметку о выполнении работы в своей книжке. Только после этого лабораторная работа считается выполненной, а студент имеет право покинуть лабораторию.
7. Для сдачи работы студент должен выполнить все задания, приведенные в описании лабораторной работы. В рабочей тетради должны быть представлены результаты обработки экспериментальных данных и погрешности (с указанием расчетных формул для их оценки). В конце отчета приводятся основные результаты и формулируются выводы. Отчет по лабораторной работе сдается во время очередного занятия

практикума преподавателю. Преподаватель знакомится с полученными результатами, задает дополнительные вопросы и, с учетом ответов студента по теоретическим и экспериментальным результатам ставит оценку за выполненную работу. Если ответы студента не удовлетворяют преподавателя или обработка результатов проведена не в полном объеме, то преподаватель имеет право отправить студента для дополнительной подготовки и повторной сдачи лабораторной работы.

8. Преподаватель имеет право поставить за работу студента по выполнению задачи оценку «не зачтено». В этом случае задача считается несданной, а ее результаты аннулируются.

9. Лабораторная работа должна быть сдана в течение трех последующих занятий физического практикума после ее выполнения. По истечении этого срока преподаватель, имеет право отказать в приеме отчета.

10. Студент, своевременно выполнивший и сдавший лабораторные работы, получает оценку «зачтено», которая проставляется преподавателем группы в зачетную книжку, а также в зачетную ведомость. Для студентов, имеющих по окончании физического практикума несданные лабораторные работы, организуется комиссия по практикуму, на которой разрешается сдать работы, выполненные ранее. Выполнение лабораторного практикума на комиссии не допускается. На комиссии должны присутствовать все студенты, не получившие зачет по практикуму. Комиссия выясняет причины невыполнения учебного плана по практикуму. С учетом предъявленных студентом объяснений и справок комиссия принимает решение о зачете или незачете по практикуму.

## ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ к оформлению отчёта по лабораторным работам

- 1) Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
- 2) Цель работы.
- 3) Перечень используемого оборудования с указанием основных параметров установок и приборов.
- 4) Основные теоретические сведения и расчетные формулы.
- 5) Функциональную и принципиальную схему лабораторной установки.
- 6) Предварительные расчеты, выполненные при подготовке к выполнению работы (где это требуется по описанию работы).
- 7) Содержание работы (порядок выполнения).
- 8) Ход выполнения работы:
  - а) таблицы с результатами вычислений;
  - б) графики экспериментальных и расчетных зависимостей.

Примечание: графики вычерчиваются на миллиметровой бумаге или с помощью компьютера и вклеиваются в отчет. На каждом графике строятся только те зависимости, которые предусмотрены соответствующим пунктом описания. Особое внимание следует обратить на рациональный выбор масштабов по осям координат. Графики экспериментальных зависимостей следует выполнять так, чтобы были ясно видны точки снятых отсчетов. Поскольку получаемые точки имеют некоторый разброс, то кривые следует проводить между ними, сообразуясь с физическими закономерностями.

9) Оценку ошибок измерений и вычислений.

10) Краткие выводы: критические сопоставления результатов эксперимента и теоретических положений, объяснения расхождений между ними (в случае их наличия).