

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Проректор по учебной работе**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Общая физика: лабораторный практикум. Часть 3
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Управление инновациями в бизнесе Физтех-школа бизнеса высоких технологий кафедра общей физики
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 40 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 40 час.

Самостоятельная работа: 50 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составили:

В.В. Усков, доцент, доцент

П.В. Попов, канд. физ.-мат. наук, доцент

И.С. Юдин, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры общей физики 12.05.2022

## Аннотация

В лабораторном практикуме по общей физике студенты выполняют лабораторные работы по разделу курса общей физики: «Электричество и магнетизм». В лаборатории кафедры представлено достаточное количество установок по каждому разделу курса. Лабораторные установки группируются по темам раздела. Темы лабораторных работ организованы в маршруты, по которым проводится выполнение работ студентами. Для каждой лабораторной работы подготовлены специальные описания: описание темы работы, описание эксперимента, проводимого в лабораторной работе и техническое описание лабораторной установки. В лабораторном практикуме рассматриваются ключевые понятия экспериментальной физики, студенты обучаются элементарным экспериментальным методам, а также навыкам работы с оборудованием.

Практическая работа в лаборатории позволяет студентам разобраться в базовых физических вопросах, без которых невозможно глубокое понимание общей физики. Для успешного освоения лабораторного практикума слушателю необходимо владеть базовыми навыками проведения эксперимента, полученными в школе, владеть основами математического анализа, знать основы линейной алгебры, теории вероятностей, а также применять знания, полученные на лекционных и семинарских занятиях по общей физике.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

формирование базовых знаний по физике и умения работать в лаборатории для дальнейшего использования в других дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры эксперимента, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

### Задачи дисциплины

- формирование у обучающихся базовых знаний по физике;
- формирование культуры эксперимента: умение работать в лаборатории, знать основные методы эксперимента, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для постановки эксперимента, самостоятельного анализа полученных результатов.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики

ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- методику проведения эксперимента;
- методику обработки полученных результатов.

уметь:

- работать с современным измерительным оборудованием;
- правильно обрабатывать полученные экспериментальные данные.

владеть:

навыками работы с современным измерительным оборудованием;  
основными математическими инструментами, характерными для задач механики.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Сдвиг фаз в цепи переменного тока. Резонанс напряжений. Резонанс токов.			8	10
2	Изучение электрических колебаний			8	10
3	Измерение магнитного поля Земли			8	10
4	Изучение магнитного гистерезиса			8	10
5	Изучение спектров электрических сигналов			8	10
Итого часов				40	50
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.
--------------------	--------------------

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

##### 1. Сдвиг фаз в цепи переменного тока. Резонанс напряжений. Резонанс токов.

Изучение влияния активного сопротивления, индуктивности и ёмкости на сдвиг фаз между током и напряжением в цепи переменного тока. Исследование резонансов напряжений и токов в последовательном и в параллельном колебательном контурах с изменяемой ёмкостью, получение амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик, определение основных параметров контуров.

##### 2. Изучение электрических колебаний

Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли, и установление количественного соотношения между единицами электрического тока и напряжения в системах СИ и СГС. Изучение электростатических полей прямоугольного кабеля, плоского конденсатора, четырех заряженных цилиндров на электропроводной бумаге.

##### 3. Измерение магнитного поля Земли

Исследование зависимости ЭДС Холла от величины магнитного поля при различных токах через образец для определения константы Холла. Измерение подвижности и концентрации носителей заряда в полупроводниках и металлах. Измерение зависимости сопротивления полупроводниковых образцов различной формы от индукции магнитного поля.

##### 4. Изучение магнитного гистерезиса

Изучение петель гистерезиса различных ферромагнитных материалов в переменных полях. Измерение начальной кривой намагничивания ферромагнетиков и предельной петли гистерезиса для образцов тороидальной формы, изготовленных из чистого железа или стали. Изучение параметрических колебаний в электрической цепи.

##### 5. Изучение спектров электрических сигналов

Изучение спектрального состав периодических электрических сигналов. Изучение возможности синтеза периодических электрических сигналов при ограниченном наборе спектральных компонент. Ознакомление с особенностями распространения электромагнитных волн в волноводе, аппаратурой и методами измерения основных характеристик протекающих при этом процессов.

#### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Семестр: 3 (Осенний) Электричество и магнетизм.

Лаборатория 204а ГК

- Резонанс в последовательной цепи (Резонанс напряжений)

- Резонанс в параллельной цепи (резонанс токов)

Лаборатория 303 ГК.

3.2.1 Сдвиг фаз в цепи переменного тока -5 установок.

3.2.2 Резонанс напряжений - 2 установки.

3.2.3 Резонанс токов 2 установки.

3.2.4 Свободные колебания 5 установок

3.2.5 Вынужденные колебания 5 установок.

3.2.7 Дробовой шум - 1 установка.

3.4.5 Петля гистерезиса (динамический метод) 5 установок

3.4.4 Петля гистерезиса (статический метод) 2 установки.

51 Двойное ярмо 1 установка.

3.4.6 Параметрон 1 установка.

Лаборатория 304 ГК.

3.1.2 Абсолютный вольтметр 3 установки.

34 Моделирование электрических полей 2 установки.

Лаборатория 307 ГК.

3.6.1 Спектры электрических сигналов— 4 установки.

148 Волновод – 2 установки.

3.6.2 Синтез электрических сигналов 1 установка.

3.2.6 Баллистический гальванометр 8 установок.

Лаборатория 309 ГК.

3.3.1 Магнетрон и фокусировка 2 установки.

3.3.2 Закон степени  $3/2$  2 установки.

3.3.3 Опыт Милликена 2 установки.

3.3.5 Эффект Холла в металлах 3 установки.

3.3.4 Эффект Холла в полупроводниках 4 установки.

3.3.6 Магнетосопротивление полупроводников 2 установки.

Лаборатория 310 ГК.

3.4.1 Диа и парамагнетизм- 2 установки.

3.4.2 Закон Кюри-Вейса— 3 установки.

140 Скин-эффект— 1 установка.

141 Колебательный контур с нелинейной ёмкостью - 1 установка

3.4.3 Точка Кюри ферромагнетиков—2 установки.

Лаборатория 311 ГК.

3.5.3 Релаксационный генератор 4 установки.

3.5.1 Тлеющий разряд -3 установки.

3.5.2 Высокочастотный разряд 1 установка.

## 6.Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Общий курс физики [Текст] : в 5 т. Т. 3, Ч. 1 : учеб. пособие для вузов / Д. В. Сивухин .— 3-е изд., испр. и доп. — М. : Наука, 1996. — 320 с.

2. Основы физики. Курс общей физики [Текст] : в 2 т. Т. 1 : Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика : учебник для вузов / А. С. Кингсеп, Г. Р. Локшин, О. А. Ольхов .— М. : Физматлит, 2001 .— 560 с.

3. Электричество и магнетизм [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. А. Кириченко ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2011 .— 420 с.

4. Лабораторный практикум по общей физике [Текст] : в 3 т. Т. 2 : Электричество и магнетизм : учеб. пособие для вузов / под ред. А. Д. Гладуна ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : Изд-во МФТИ, 2007 .— 280 с.

18. Калашников Н.П., Смондырев М.А./Основы физики в 2-х томах М.-Лаборатория знаний, 2017

### Дополнительная литература

## Рекомендованная литература для самостоятельного изучения

1. Относительно относительности [Текст] : [учеб. - метод. пособие для студентов 1 курса МФТИ] / В. Е. Белонучкин ; Моск. физико-техн. ин-т (гос. ун-т. — Долгопрудный : МФТИ, 1996. — 32 с.
2. Электричество [Текст] : учеб. пособие для студентов вузов : доп. М-вом образования Рос. Федерации / С. Г. Калашников. — 6-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 1985, 2004, 2008. — 624 с.
3. Электричество и магнетизм [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Э. Парселл ; пер. с англ. под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайнсберга. — / 3-е изд., испр. — М. : Наука, 1983. — 416 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://mipt.ru/education/chair/physics/index.php> Сайт кафедры общей физики
2. <http://lib.mipt.ru/catalogue/94/?t=748>- электронная библиотека Физтеха, раздел «Физика».
3. <http://www.physics.ru>- образовательный сайт с элементарными сведениями по физике.
4. <http://www.edu.ru>- федеральный портал «Российское образование».
5. <http://benran.ru>-библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
6. <http://www.i-exam.ru>- единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На данных компьютерах используются ОС MSWindows, FreeDOS, программа MathCAD, а также программы, разработанные программистами учебно-методического центра кафедры.

В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab, Originи др.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий курс общей физики, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- подготовку к практическим занятиям, коллоквиумам, зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные теоретические сведения. Значительно облегчить решение задачи может хорошо выполненный чертеж, если он соответствует условию задачи (прямой угол нарисован прямым, равнобедренный треугольник - равнобедренным и т. д.). При подготовке к практическим занятиям необходимо повторять ранее изученные основные определения, формулировки теорем. В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме. Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения (1 час неделю), подготовка к практическому занятию, решение задач (1 час). Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору или преподавателю, ведущему практические занятия.

Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые оформляются в специально отведённой для этого тетради и систематически сдаются на проверку.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Управление инновациями в бизнесе  
Физтех-школа бизнеса высоких технологий  
кафедра общей физики  
**курс:** 2  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

В.В. Усков, доцент, доцент  
П.В. Попов, канд. физ.-мат. наук, доцент  
И.С. Юдин, канд. физ.-мат. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.7 Способен оценивать требуемые ресурсы (материальные и временные) для планирования и проведения научного эксперимента
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Общая физика: лабораторный практикум. Часть 3» обучающийся должен:

### знать:

- методику проведения эксперимента;
- методику обработки полученных результатов.

**уметь:**

- работать с современным измерительным оборудованием;
- правильно обрабатывать полученные экспериментальные данные.

**владеть:**

навыками работы с современным измерительным оборудованием;  
основными математическими инструментами, характерными для задач механики.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

1. При какой форме образцов, помещённых в однородное магнитное поле, их намагниченность постоянна по всему объёму?
2. Почему для наблюдения петли гистерезиса используются образцы в виде тора, а не в виде стержня?
3. Почему при калибровке горизонтальной оси осциллографа необходимо отключать намагничивающую обмотку?
4. Оцените погрешность, которая возникает при измерении индукции  $B$ , если измерительная катушка неплотно надета на образец; например, если образец занимает всего половину охватываемой ею площади.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Работа 3.1.1.

1. Приведите формулу для поля точечного магнитного диполя.
2. Получите формулу для магнитного поля в центре кругового витка с током.
3. Каким должно быть внутреннее сопротивление источника напряжения, чтобы ёмкость успевала разряжаться между замыканиями вибратора?
4. Мы измеряем не поле Земли, а поле внутри здания. Влияет ли это на точность определения электродинамической постоянной?
5. Установите соотношения между эрстедом и ампером на метр, гауссом и теслом, максвеллом и вебером.

Работа 3.1.2.

1. Оцените ошибку, возникающую вследствие того, что равновесие весов устанавливалось при наличии небольшого зазора между штифтами и контактными пластинами, а измерения производятся при отсутствии этого зазора.
2. Покажите, что электростатический вольтметр пригоден для измерения как постоянного, так и переменного напряжения.
3. Покажите, что измерения на переменном токе определяют именно эффективное значение его напряжения.
4. Чем определяется интервал частот, в котором можно измерять переменные напряжения с помощью электростатического вольтметра?

Работа 3.2.1.

1. Что называется импедансом электрической цепи?
2. Как складываются импедансы при последовательном и параллельном соединении элементов электрической цепи?

Работа 3.2.2.

1. Почему показание вольтметра  $V_{R+L}$  не равно сумме показаний вольтметров  $V_R$  и  $V_L$ ? в нашем случае  $V_{R+L} < V_R + V_L$ . Может ли неравенство иметь другой знак?
2. Почему при резонансе в схеме на рис. 2 эллипс на экране осциллографа вырождается в прямую?
3. Из чего складывается активное сопротивление катушки с сердечником?
4. Поясните принцип работы ваттметра.
5. Выполняется ли условие квазистационарности токов в используемой схеме? Почему?
6. На какой частоте гудит катушка?

### Работа 3.2.3.

1. Приведите все известные Вам определения резонанса.
2. Как установить наличие резонанса в цепи? Перечислите все известные Вам признаки.
3. Получите формулу, связывающую добротность и сопротивления.
4. Какие причины приводят к потерям энергии в контуре?
5. Зависят ли потери энергии от частоты тока?
6. Получите формулу, связывающую  $R_{рез}$  и  $rL$ .

### Работа 3.2.4.

1. Что называется собственной частотой, добротностью, логарифмическим декрементом затухания колебательного контура?
2. Какая плоскость называется фазовой плоскостью колебаний?
3. Как определить логарифмический декремент затухания по картине колебаний в фазовой плоскости?

### Работа 3.2.5.

1. Выведите формулу  $Q = \omega_0 / (2\Delta\omega)$ .
2. Найдите частное решение уравнения  $\ddot{I} + 2\gamma\dot{I} + \omega_0^2 I = -\varepsilon_0 \Omega/L \sin\Omega t$ , не переходя к комплексным величинам. (Указание: решение  $\ddot{I} + 2\gamma\dot{I} + \omega_0^2 I = -\varepsilon_0 \Omega/L \sin\Omega t$  следует искать в виде  $A_1 \sin\Omega t + A_2 \cos\Omega t$ .)
3. Получите все равенства  $Q = 2\pi W / (\Delta W_T) = W / \Delta W = \pi / \gamma T = (\omega_0 L) / R = 1 / (\omega_0 C R) = 1 / R \sqrt{L/C}$ , определяющие добротность контура. В чём состоит физический смысл добротности?
4. В каких случаях можно говорить, что колебательный контур слабо связан с другими элементами схемы?

### Работа 3.2.6.

1. Дайте определение динамической постоянной гальванометра. От чего она зависит и в каких единицах указывается в паспорте гальванометра?
2. Какие режимы движения рамки возможны при работе гальванометра в стационарном режиме? В каком из этих режимов удобно проводить измерения постоянного тока?
3. Как изменяется коэффициент затухания подвижной системы гальванометра при увеличении омического сопротивления его цепи?
4. Почему рамка гальванометра быстро успокаивается при замыкании ключа  $K_1$  (см. рис. 2)?
5. Зачем в полюсах магнита гальванометра делают вырез цилиндрической формы? (рис. 1)
6. В чём сущность баллистического режима работы гальванометра? Дайте определение баллистической постоянной гальванометра.
7. При каких условиях первый отброс гальванометра, работающего в баллистическом режиме, максимален?
8. Выведите формулу  $\varphi_0 = \varphi_1 e^{-(\Theta/4)}$ .
9. При значениях  $R > 10R_{кр}$  возможно отклонение графика  $1/\theta^2 = f[(R_0 + R)^2]$  от прямой. Что следует учесть для объяснения этого отклонения?

### Работа 3.3.1.

1. Нарисуйте и объясните схемы измерения удельного заряда электрона методом магнитной фокусировки и методом магнетрона.
2. Объясните принцип действия электронно-лучевой трубки осциллографа.
3. Объясните принцип работы милливеберметра.
4. Почему в методе магнетрона используется анод из трёх цилиндров, а не из одного?

### Работа 3.3.2.

1. Нарисуйте качественные графики распределения потенциала  $V(r)$  между катодом и анодом: а) при нулевой разности потенциалов между катодом и анодом; б) при большой разности потенциалов (режим насыщения тока диода). Объясните эти распределения.

2. Качественно изобразите зависимость тока диода от напряжения на аноде в области отрицательных напряжений  $V_a$  до больших положительных. Покажите на этом графике участок напряжений, при которых выполняется «закон трёх вторых». Чем объясняются отклонения от этого закона при малых и больших напряжениях на аноде?

3. Как влияет ток накала катода на ток диода при неизменном напряжении на аноде? Приводит ли это к погрешности измерения  $e/m$ ?

#### Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и за её пределами, а также умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при решении нестандартных задач.

Оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустившему некоторые неточности при ответе.

Оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и уверенное понимание материала учебной программы и умение свободно применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и понимание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустил при ответе ряд грубых неточностей.

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, допускавшему неточности в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему сильно фрагментарный характер знаний, допускавшему грубые ошибки в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка «неудовлетворительно (2)» или «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает значительную часть основного содержания программы, систематически допускает грубые ошибки при формулировании основных физических законов или не способен корректно применять физические законы даже для решения простых задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет в каждом семестре проводится по итогам текущей успеваемости (результатам сдачи лабораторных работ)

### 3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Общая физика: лабораторный практикум. Часть 3» осуществляется в форме дифференцированного зачёта.

Для получения зачёта студенту необходимо выполнить заданное количество лабораторных работ. Для выполнения каждой лабораторной работы студент должен подготовиться к выполнению работы, сдать подготовку преподавателю, выполнить экспериментальную часть работы, выполнить необходимые расчёты и оформить работу, сдать работу преподавателю. Для получения зачета по каждой работе предусмотрены контрольные вопросы:

#### Работа 3.1.1.

1. Приведите формулу для поля точечного магнитного диполя.
2. Получите формулу для магнитного поля в центре кругового витка с током.
3. Каким должно быть внутреннее сопротивление источника напряжения, чтобы ёмкость успевала разряжаться между замыканиями вибратора?
4. Мы измеряем не поле Земли, а поле внутри здания. Влияет ли это на точность определения электродинамической постоянной?
5. Установите соотношения между эрстедом и ампером на метр, гауссом и теслом, максвеллом и вебером.

#### Работа 3.1.2.

1. Оцените ошибку, возникающую вследствие того, что равновесие весов устанавливалось при наличии небольшого зазора между штифтами и контактными пластинами, а измерения производятся при отсутствии этого зазора.
2. Покажите, что электростатический вольтметр пригоден для измерения как постоянного, так и переменного напряжения.
3. Покажите, что измерения на переменном токе определяют именно эффективное значение его напряжения.
4. Чем определяется интервал частот, в котором можно измерять переменные напряжения с помощью электростатического вольтметра?

#### Работа 3.2.1.

1. Что называется импедансом электрической цепи?
2. Как складываются импедансы при последовательном и параллельном соединении элементов электрической цепи?

#### Работа 3.2.2.

1. Почему показание вольтметра  $VR + L$  не равно сумме показаний вольтметров  $VR$  и  $VL$ ? в нашем случае  $VR + L < VR + VL$ . Может ли неравенство иметь другой знак?
2. Почему при резонансе в схеме на рис. 2 эллипс на экране осциллографа вырождается в прямую?
3. Из чего складывается активное сопротивление катушки с сердечником?
4. Поясните принцип работы ваттметра.
5. Выполняется ли условие квазистационарности токов в используемой схеме? Почему?
6. На какой частоте гудит катушка?

#### Работа 3.2.3.

1. Приведите все известные Вам определения резонанса.
2. Как установить наличие резонанса в цепи? Перечислите все известные Вам признаки.
3. Получите формулу, связывающую добротность и сопротивления.
4. Какие причины приводят к потерям энергии в контуре?
5. Зависят ли потери энергии от частоты тока?
6. Получите формулу, связывающую  $R_{рез}$  и  $rL$ .

#### Работа 3.2.4.

1. Что называется собственной частотой, добротностью, логарифмическим декрементом затухания колебательного контура?
2. Какая плоскость называется фазовой плоскостью колебаний?
3. Как определить логарифмический декремент затухания по картине колебаний в фазовой плоскости?

#### Работа 3.2.5.

1. Выведите формулу  $Q = \frac{\omega_0}{2\Delta\omega}$ .
2. Найдите частное решение уравнения  $\ddot{I} + 2\gamma\dot{I} + \omega_0^2 I = -\varepsilon_0 \frac{\Omega}{L} \sin \Omega t$ , не переходя к комплексным величинам. (Указание: решение  $\ddot{I} + 2\gamma\dot{I} + \omega_0^2 I = -\varepsilon_0 \frac{\Omega}{L} \sin \Omega t$  следует искать в виде  $A_1 \sin \Omega t + A_2 \cos \Omega t$ .)
3. Получите все равенства  $Q = 2\pi \frac{W}{\Delta W_T} = \frac{W}{\Delta W} = \frac{\pi}{\gamma T} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ , определяющие добротность контура. В чём состоит физический смысл добротности?
4. В каких случаях можно говорить, что колебательный контур слабо связан с другими элементами схемы?

#### Работа 3.2.6.

1. Дайте определение динамической постоянной гальванометра. От чего она зависит и в каких единицах указывается в паспорте гальванометра?
2. Какие режимы движения рамки возможны при работе гальванометра в стационарном режиме? В каком из этих режимов удобно проводить измерения постоянного тока?
3. Как изменяется коэффициент затухания подвижной системы гальванометра при увеличении омического сопротивления его цепи?
4. Почему рамка гальванометра быстро успокаивается при замыкании ключа К1 (см. рис. 2)?
5. Зачем в полюсах магнита гальванометра делают вырез цилиндрической формы? (рис. 1)
6. В чём сущность баллистического режима работы гальванометра? Дайте определение баллистической постоянной гальванометра.
7. При каких условиях первый отброс гальванометра, работающего в баллистическом режиме, максимален?
8. Выведите формулу  $\varphi_0 = \varphi_1 e^{\theta_0/4}$ .
9. При значениях  $R > 10R_{кр}$  возможно отклонение графика  $1/\theta^2 = f[(R_0 + R)^2]$  от прямой. Что следует учесть для объяснения этого отклонения?

#### Работа 3.3.1.

1. Нарисуйте и объясните схемы измерения удельного заряда электрона методом магнитной фокусировки и методом магнетрона.

2. Объясните принцип действия электронно-лучевой трубки осциллографа.
3. Объясните принцип работы милливеберметра.
4. Почему в методе магнетрона используется анод из трёх цилиндров, а не из одного?

#### Работа 3.3.2.

1. Нарисуйте качественные графики распределения потенциала  $V(r)$  между катодом и анодом: а) при нулевой разности потенциалов между катодом и анодом; б) при большой разности потенциалов (режим насыщения тока диода). Объясните эти распределения.
2. Качественно изобразите зависимость тока диода от напряжения на аноде в области отрицательных напряжений  $V_a$  до больших положительных. Покажите на этом графике участок напряжений, при которых выполняется «закон трёх вторых». Чем объясняются отклонения от этого закона при малых и больших напряжениях на аноде?
3. Как влияет ток накала катода на ток диода при неизменном напряжении на аноде? Приводит ли это к погрешности измерения  $e/m$ ?

#### Работа 3.3.3.

1. Почему не следует выбирать капли слишком большого и слишком маленького размера?
2. Какие напряжения соответствуют оптимальным условиям опыта? Приведите расчёты (см. п. 1).
3. Нарисуйте график зависимости скорости капли в поле силы тяжести от времени и укажите на нём время и путь релаксации.
4. Зная параметры установки, оцените ёмкость конденсатора  $C$  и время его разрядки через сопротивление  $R$  (площадь пластин  $\approx 20 \text{ см}^2$ ).
5. Какие ещё способы измерения заряда электрона вам известны?

#### Работа 3.3.4.

1. Какие вещества называют диэлектриками, проводниками, полупроводниками? Чем объясняется различие их электрических свойств? Как зависит от температуры проводимость металлов и полупроводников?
2. Дайте определение константы Холла. Как зависит константа Холла от температуры у металлов и полупроводников?
3. Зависит ли результат измерения константы Холла от геометрии образца?
4. Как устроен милливеберметр? Зависят ли его показания от сопротивления измерительной катушки? Каким должно быть это сопротивление по сравнению с сопротивлением катушки прибора: большим или маленьким?
5. Получите выражение константы Холла для материалов с двумя типами носителей. При выводе используйте условие равенства нулю поперечного тока.

#### Работа 3.3.5.

1. Какие вещества называют диэлектриками, проводниками, полупроводниками? Чем объясняется различие их электрических свойств? Как зависит от температуры проводимость металлов и полупроводников?
2. Дайте определение константы Холла. Как зависит константа Холла от температуры у металлов и полупроводников?
3. Зависит ли результат измерения константы Холла от геометрии образца?
4. Как устроен милливеберметр? Зависят ли его показания от сопротивления измери-

тельной катушки? Каким должно быть это сопротивление по сравнению с сопротивлением рамки прибора; большим или маленьким?

#### Работа 3.3.5.

1. Исследуйте уравнения движения электронов в прямоугольной пластинке. Зависит ли сопротивление пластинки от индукции магнитного поля?
2. Поясните качественно (без формул), почему сопротивление образца зависит от магнитного поля.

#### Работа 3.4.1.

1. Объясните суть метода измерения магнитной восприимчивости.
2. Напишите выражения для магнитной силы, действующей на образец, помещённый в неоднородное магнитное поле.
3. Как можно убедиться в однородности или неоднородности магнитного поля в зазоре электромагнита?
4. Как проверить экспериментально, влияет ли намагниченность весов на результаты измерения магнитной восприимчивости?

#### Работа 3.4.2.

1. Как объяснить явления пара- и диамагнетизма с молекулярной точки зрения?
2. Чем отличаются пара- и ферромагнетики в отсутствие магнитного поля?
3. Сформулируйте общий физический принцип, объясняющий явление диамагнетизма.
4. Качественно изобразите на одном графике  $B(H)$  для пара-, диа- и ферромагнетика.
5. Какой вклад в магнитную восприимчивость образца вносит проводимость гадолиния? Как связан этот вклад с размером крупинок, частотой и удельной проводимостью? Зависит ли этот вклад от температуры? Оцените этот вклад для крупинок размером 0,5 мм.

#### Работа 3.4.3.

1. Чем отличаются атомы пара- и диамагнетиков по магнитным характеристикам в отсутствие магнитного поля?
2. Как изменяются характеристики вещества при фазовых переходах первого и второго рода?
3. Какие два конкурирующих взаимодействия между атомами характерны для ферромагнитного вещества?
4. На одном графике качественно изобразите начальные кривые намагничивания  $B(H)$  для ферромагнетика при трёх температурах: комнатной, более высокой и температуре выше точки Кюри. Укажите на оси  $H$ , где лежит область, соответствующая условиям настоящей работы.

#### Работа 3.4.4.

1. Почему рекомендуется начинать обход петли с насыщения образца?
2. Получите выражение, связывающее отклонение рамки гальванометра и изменение индукции образца. При каких условиях справедливо это соотношение?
3. Пользуясь теоремой о циркуляции, получите формулу для напряжённости магнитного поля в длинном соленоиде.

#### Работа 3.4.5.

1. При какой форме образцов, помещённых в однородное магнитное поле, их намагниченность постоянна по всему объёму?
2. Почему для наблюдения петли гистерезиса используются образцы в виде тора, а не в виде стержня?
3. Почему при калибровке горизонтальной оси осциллографа необходимо отключать намагничивающую обмотку?
4. Оцените погрешность, которая возникает при измерении индукции  $B$ , если измерительная катушка неплотно надета на образец; например, если образец занимает всего половину охватываемой ею площади.

#### Работа 3.4.6.

1. Получите условие возбуждения колебаний (3), когда индуктивность меняется по гармоническому закону:  

$$L = L_0[1 - m \sin(2\omega_0 t)].$$
Напишите закон изменения тока, возбуждаемого в контуре.
2. Почему в нашем случае индуктивность пропорциональна дифференциальной магнитной проницаемости?
3. Нарисуйте качественный график зависимости  $\mu_{\text{диф}}$  от величины подмагничивающего тока для петли гистерезиса, изображённой на рис. 1.
4. На каких ещё частотах (в принципе) могут возбуждаться колебания в контуре параметрона при больших изменениях индуктивности?

#### Раздел 5.

1. При каких условиях возникает газовый разряд? От каких параметров газа зависит потенциал зажигания газового разряда?
2. Пользуясь кривой Пашена (рис. 5.5), определите напряжённость электрического поля, при котором происходит пробой воздуха при атмосферном давлении.
3. Что такое дебаевский радиус экранирования?
4. Дайте определение понятия плазма.
5. Почему потенциал зонда, погружённого в плазму и отключённого от источника питания, оказывается отличным от потенциала окружающей плазмы?
6. Чем определяется величина зондового тока насыщения?
7. Чем определяется температура электронов и ионов в плазме?

#### Работа 3.5.3.

1. Какие колебания называются релаксационными?
2. От каких параметров газа зависит напряжение зажигания стабилотрона?
3. Почему напряжение гашения существенно меньше напряжения зажигания?
4. Как по вольт-амперной характеристике стабилотрона и известным параметрам генератора найти ток в лампе в стационарном режиме?
5. Что такое критическое сопротивление релаксационного генератора? От чего оно зависит?
6. Почему критическое сопротивление зависит от величины напряжения  $U$  на входе генератора? Рассмотрите рис. 3.
7. Почему при малой ёмкости колебания не возникают (лампа не гаснет) даже при  $R > R_{\text{кр}}$ ? Оцените «малость» ёмкости, сравнив время релаксации и время деионизации.

#### Работа 3.6.1.

1. Нарисуйте спектры  $F(\omega)$ :

- а) бесконечно длинной синусоиды;
- б) синусоиды конечной длины;
- в) периодической последовательности цугов;
- г) периодической последовательности прямоугольных импульсов;
- д) одного цуга;
- е) одного прямоугольного импульса.

2. Как изменится спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов, если убрать каждый второй импульс? Как выглядит спектр, если повторять эту процедуру, пока не останется один импульс?

3. Найдите спектр синусоидальных колебаний, модулированных по фазе:  $f(t) = A_0 \cos(\omega t + m \cos \Omega t)$ , считая  $m \ll 1$ . Сравните со спектром синусоиды, модулированной по амплитуде.

#### Работа 4.1.1.

1. Покажите, что если расстояние между предметом и экраном превышает  $4f$ , то изображение на экране может быть получено при двух различных положениях линзы.
2. Опишите методику измерения фокусных расстояний отрицательных линз.
3. Дайте определения главных фокусов, фокусных расстояний и главных плоскостей сложной центрированной оптической системы.
4. Определите графически положение главных плоскостей системы, состоящей из двух тонких линз — собирающей и рассеивающей, — с известными фокусными расстояниями и расстоянием между ними.
5. Дайте определения сферической и хроматической аберраций.
6. Объясните, почему сферическая аберрация зависит от того, какой стороной плосковыпуклая линза обращена к источнику.

## 4. Критерии оценивания

По результатам подготовки работу выставляется от 0 до 10 баллов согласно уровню подготовки студента. По результатам сдачи выставляется от 0 до 10 баллов согласно уровню подготовленного отчёта и знаний студента. Из полученных баллов за каждую работу рассчитывается средний балл

Оценка	Баллы
отлично	10
	9
	8
хорошо	7
	6
	5
удовлетворительно	4
	3
неудовлетворительно	2
	1

Из полученных баллов за каждую работу рассчитывается средний балл, который определяет оценку за зачёт.

Оценка «**отлично (10)**» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и за её пределами, а также умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка **«отлично (9)»** выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при решении нестандартных задач.

Оценка **«отлично (8)»** выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные глубокие знания учебной программы и умение уверенно применять их на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустившему некоторые неточности при ответе.

Оценка **«хорошо (7)»** выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и уверенное понимание материала учебной программы и умение свободно применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка **«хорошо (6)»** выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы.

Оценка **«хорошо (5)»** выставляется студенту, если он продемонстрировал твердое знание и понимание материала учебной программы и умение применять физические законы на практике при выполнении и сдаче лабораторной работы, однако допустил при ответе ряд грубых неточностей.

Оценка **«удовлетворительно (4)»** выставляется студенту, показавшему фрагментарный характер знаний, допускавшему неточности в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка **«удовлетворительно (3)»** выставляется студенту, показавшему сильно фрагментарный характер знаний, допускавшему грубые ошибки в формулировке основных законов и базовых понятий, но при этом продемонстрировавшему способность при этом продемонстрировавшему способность выполнять основные задания при выполнении и сдаче лабораторной работы и владение основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения.

Оценка **«неудовлетворительно (2)»** или **«неудовлетворительно (1)»** выставляется студенту, который не знает значительную часть основного содержания программы, систематически допускает грубые ошибки при формулировании основных физических законов или не способен корректно применять физические законы даже для решения простых задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Зачет в каждом семестре проводится по итогам текущей успеваемости (результатам сдачи лабораторных работ)