

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»  
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

А.М. Лихтер

«11» апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой физики

С.А. Тишкова

«11» апреля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Магнитные измерения»**

Составитель(и)	<b>Смирнов В.В., д.п.н., к.ф.-м.н, доцент, профессор кафедры инженерных технологий 03.03.02 Физика</b>
Направление подготовки / специальность	<b>03.03.02 Физика</b>
Направленность (профиль) ОПОП	<b>Инженерная физика</b>
Квалификация (степень)	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Год приёма	<b>2021</b>
Курс	<b>4</b>
Семестр(ы)	<b>8</b>

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 1.1. Целями освоения дисциплины (модуля) «Магнитные измерения» являются:

- формирование у студентов навыков экспериментального исследования физических явлений и процессов,
- изучения теоретических и экспериментальных методов анализа физических явлений,
- обучение грамотному применению положений фундаментальной физики к научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новой техники и технологий,
- выработки у студентов основ естественнонаучного мировоззрения и ознакомления с историей развития физики и основных её открытий.
- приобрести навыки работы с приборами и оборудованием современной физической лаборатории;
- приобрести навыки использования различных методик физических измерений и обработки экспериментальных данных;
- приобрести навыки проведения адекватного физического и математического моделирования, а также применения методов физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) «Магнитные измерения»:

- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новой техники и новых технологий;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных технологических задач;
- формирование у студентов умений использовать физические приборы, предназначенные для выполнения электрических и магнитных измерений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Магнитные измерения» относится к дисциплинам по выбору Б1.В.Д.06.02**

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами (модулями):**

– «Математика» (математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ, теория функций комплексного переменного, дифференциальные уравнения), «Информатика» (вычислительная физика, численные методы и математическое моделирование), модуль «Общая физика».

Знания: основы математического анализа, теории функций комплексной переменной, векторного и тензорного анализа, дифференциальных и интегральных уравнений, вариационного исчисления, теории вероятностей и математической статистики; основные положения теории информации; теоретические основы, основные понятия, законы и модели механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики, атомной физики; методы теоретических и экспериментальных исследований в физике.

Умения: использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов; использовать информационные технологии для решения физических задач; понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики

Навыки: использования математического аппарата для решения физических задач; использования информационных технологий для решения физических задач; техникой эксперимента, методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации

### 2.3. Последующие учебные дисциплины (модули) и (или) практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

– полученные знания, умения, навыки и сформированные на их основе компетенции являются основой для выполнения выпускной квалификационной работы.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей(их) компетенции(ий) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

в) *профессиональной(ых) (ПК)*: ПК-5 Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических величин

**Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-5 Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических величин	ПК-5.1 знать фундаментальные понятия, законы и теории, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК-5.2 уметь применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК-5.3 владеть фундаментальными понятиями и законами, полученными при освоении профильных физических дисциплин

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Объём дисциплины (модуля) составляет 4 зачётных(ые) единицы(ы), в том числе 68 часов(а), выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них: 22 часа – лекции, 44 часов(а) – практические, семинарские занятия, и 78 часов(а) – на самостоятельную работу обучающихся.

**Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Само ст. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации [по семестрам]
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
1. Магнитные свойства электрона, электронной оболочки атома и ядра.	8	1	3			5	Опрос, тестирование, расчетная работа
2. Основные опытные данные о свойствах магнетиков.		2	3			5	Опрос, тестирование, расчетная работа
3. Основные теории магнетиков.		1	3			6	Опрос, тестирование, расчетная работа
4. Различные виды энергии в ферромагнетике и формулы для их описания.		1	3			6	Опрос, тестирование, расчетная работа
5. Кривые намагничивания.		2	4			6	Опрос, тестирование, расчетная работа
6. Основные магнитные характеристики в переменных полях.		2	4			6	Опрос, тестирование, расчетная работа
7. Магнитные материалы.		1	4			6	Опрос, тестирование, расчетная работа
8. Тонкие магнитные пленки.		2	4			5	Опрос, тестирование, расчетная работа
9. Магнитные измерения.		2	3			6	Опрос, тестирование, расчетная работа
10. Способы получения магнитных полей.		2	4			5	Опрос, тестирование, расчетная работа
11. Магнитная цепь.		2	3			5	Опрос, тестирование, расчетная работа
12. Гистериографы.		2	3			6	Опрос, тестирование, расчетная работа
13. Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин		2	3			5	Опрос, тестирование, расчетная работа
<b>Итого</b>		<b>22</b>	<b>44</b>			<b>78</b>	<b>Диф.зачет</b>

*Примечание:* Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

**Таблица 3 – Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-5	
1. Магнитные свойства электрона, электронной оболочки атома и ядра.	8	+	1
2. Основные опытные данные о свойствах магнетиков.	10	+	1
3. Основные теории магнетиков.	9	+	1
4. Различные виды энергии в ферромагнетике и формулы для их описания.	9	+	1

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции	Общее количество компетенций
		ПК-5	
5. Кривые намагничивания.	12	+	1
6. Основные магнитные характеристики в переменных полях.	12	+	1
7. Магнитные материалы.	11	+	1
8. Тонкие магнитные пленки.	11	+	1
9. Магнитные измерения.	11	+	1
10. Способы получения магнитных полей.	11	+	1
11. Магнитная цепь.	10	+	1
12. Гистереографы.	11	+	1
13. Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин	10	+	
<b>Итого</b>	<b>144</b>		<b>1</b>

#### Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)

<p><b>1. Магнитные свойства электрона, электронной оболочки атома и ядра.</b> Спин и спиновой магнитный момент электрона. Эффект Зеемана. Диамагнетизм электронной оболочки атома. Парамагнитные вещества в сильных и слабых магнитных полях. Парамагнитные вещества.</p>
<p><b>2. Основные опытные данные о свойствах магнетиков.</b> Классификация магнетиков. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики, слабые ферромагнетики, вещества с обменной анизотропией. Основные свойства ферромагнетиков.</p>
<p><b>3. Основные теории магнетиков.</b> Вычисление магнитного момента тела. Формальная теория ферромагнетизма. Гипотеза о существовании областей спонтанной намагниченности (ферромагнитных доменов).</p>
<p><b>4. Различные виды энергии в ферромагнетике и формулы для их описания.</b> Энергия обменного взаимодействия. Энергия кристаллографической магнитной анизотропии. Энергия магнитоэластической деформации (магнитоупругая энергия). Магнитоупругая энергия. Энергия магнитоэластического поля. Линейная магнитоэластичность. Объемная магнитоэластичность. Механоэластичность и эффект.</p>
<p><b>5. Кривые намагничивания.</b> Начальный участок кривой намагничивания. Обратимые и необратимые процессы смещения границ. Обратимые процессы вращения. Теория Акулова. Влияние упругих напряжений на намагничивание ферромагнетиков. Необратимые явления перемагничивания. Теория гистерезиса на основе процесса смещения границ в однородной среде при наличии в ней неоднородных напряжений и включений (Кондорский, Керстен). Гистерезис, обусловленный задержкой роста зародышей перемагничивания. Гистерезис, обусловленный необратимым процессом вращения.</p>
<p><b>6. Основные магнитные характеристики в переменных полях.</b> Скин эффект. Дисперсия магнитной проницаемости. Уравнение движения доменной стенки.</p>
<p><b>7. Магнитные материалы.</b> Магнитомягкие материалы. Железо, железокремнистые, железоникелевые сплавы и т.п. Магнитотвердые материалы. Постоянные магниты.</p>
<p><b>8. Тонкие магнитные пленки.</b> Основные способы получения. Вакуумные технологии. Основные достоинства и недостатки. Быстро закаленные сплавы. Особенности процессов намагничивания ТМП. Структура доменных границ. Современные устройства на ТМП.</p>
<p><b>9. Магнитные измерения.</b> Определение. Задачи магнитных измерений. Предмет исследования. Гистерезис, параметры петли гистерезиса. Классификация магнитных материалов и методов магнитных измерений; структура построения средств магнитных</p>

<p>измерений. Электротехнические стали и ферромагнетики. Баллистический метод. Использование магнитных зондов для измерения напряженности магнитного поля. Метод ядерного магнитного резонанса. Ядерные магнитометры. Электродинамический метод измерения напряженности магнитного поля. Магнитные потенциалметры. Магнитный полеметр. Использование эффекта Холла для измерения напряженности постоянного и переменного магнитных полей. Баллистический метод исследования ферромагнитных веществ. Магнитометрический метод. Методы исследования ферромагнитных веществ при насыщении. Методы исследования слабомагнитных веществ. Другие методы измерения напряженности магнитного поля.</p>
<p><b>10. Способы получения магнитных полей.</b> Различные системы электромагнитов. Намагничивающие соленоиды. Получение импульсных магнитных полей. Сверхпроводящие соленоиды и магниты. Получение неоднородных магнитных полей. Стабилизация магнитного поля. Постоянные магниты.</p>
<p><b>11. Магнитная цепь.</b> Определение. Применение разомкнутой магнитной цепи для измерения магнитных свойств образцов МТМ малых размеров.</p>
<p><b>12. Гистерииографы.</b> Применение непольностью замкнутой и замкнутой магнитной цепи в магнитных измерениях.</p>
<p><b>13. Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин:</b> определение исходных параметров исследуемых образцов, определение и расчет погрешностей, подготовка образцов используемых в магнитных измерениях.</p>

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

При разработке учебных программ по ФГОС-3++ поколения предполагается использование кроме традиционных форм проведения занятий также активные и интерактивные формы. При этом студенты глубже понимают учебный материал, память также акцентируется на проблемных ситуациях, что способствует запоминанию учебного материала.

В процессе обучения необходимо обращать внимание в первую очередь на те методы, при которых слушатели идентифицируют себя с учебным материалом, включаются в изучаемую ситуацию, побуждаются к активным действиям, переживают состояние успеха и соответственно мотивируют свое поведение. Всем этим требованиям в наибольшей степени отвечают интерактивные методы обучения.

Учебный процесс, опирающийся на использование интерактивных методов обучения, организуется с учетом включенности в процесс познания всех студентов группы без исключения. Совместная деятельность означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, в ходе работы идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Организуются индивидуальная, парная и групповая работа, используется проектная работа, ролевые игры, осуществляется работа с документами и различными источниками информации. Интерактивные методы основаны на принципах взаимодействия, активности обучаемых, опоре на групповой опыт, обязательной обратной связи. Создается среда образовательного общения, которая характеризуется открытостью, взаимодействием участников, равенством их аргументов, накоплением совместного знания, возможностью взаимной оценки и контроля.

Ведущий преподаватель вместе с новыми знаниями ведет участников обучения к самостоятельному поиску. Активность преподавателя уступает место активности студентов, его задачей становится создание условий для их инициативы. Преподаватель отказывается от

роли своеобразного фильтра, пропускающего через себя учебную информацию, и выполняет функцию помощника в работе, одного из источников информации.

На кафедре отработана специальная методика чтения лекций, соответствующая современным требованиям компетентностного подхода. При разработке таких лекций для разных дисциплин закладываются общие подходы, которые включают:

- выявление проблем и противоречий, которые диктуются условиями производства;
- системный подход, предполагающий декомпозицию сложной проблемы на самостоятельные более простые блоки;
- оценка возможности моделирования производственных ситуаций и оптимизация решений на модели.

Организационно такая форма изучения материала реализуется в следующей последовательности:

- на первом занятии все учебные материалы (включая лекции) выдаются студентам в электронном виде;
- весь учебный материал разделяется на блоки (темы);
- студенты изучают материалы по темам самостоятельно (самостоятельная работа по подготовке к занятиям);
- на занятиях по расписанию преподаватель обучает студентов группы в активной или интерактивной формах, используя подробную презентацию с примерами и проблемными ситуациями;
- в активной форме студенты под руководством преподавателя обосновывают оптимальное решение поставленной задачи. Материал в теоретической постановке преподаватель разобрал в первой части занятия, пример задания такого вида могут быть

3. Петля гистерезиса. Когда выполняется равенство  $H_{cI} = H_{cB}$  (показать схематически).
4. Магнитный гистерезис. Справедливо ли выражение  $(BH)_{\max} > \frac{B_r^2}{4}$  (обосновать схематически).
5. Петля гистерезиса. Может ли численно выполняться неравенство  $H_{cB} > B_r$  (обосновать на примере).
6. Справедливо ли неравенство (численно)  $H_{cB} \leq B_r$  (обосновать на примере).
7. Почему теоретический предел максимального энергетического произведения равен  $\frac{B_r^2}{4}$  (обосновать)?
8. Почему говорят о намагниченности насыщения  $I_s$  и не существует понятия индукции насыщения  $B_s$  для магнитотвердых материалов.

- часть занятий в группе по итогам самостоятельного освоения нескольких тем проводится в интерактивной форме, при этом формируется проблемная творческая задача, которая не имеет однозначного решения. Студенты делятся на 3...4 группы, выдается общее задание, но задаются различные варианты решения задачи, каждая группа анализирует предложенное решение, корректирует его и защищает перед студентами других подгрупп. Преподаватель выполняет роль рецензента. Задание желательно формировать на основе ситуаций, которые рассматривались при проведении нескольких занятий в активной форме. Задания такого типа могут носить вид:

### Электромагниты, магнитные цепи:

1. Описать структуру построения электромагнитов, работающих в условиях ненасыщенного и насыщенного магнитопровода.
2. Описать структуру построения средств магнитных измерений для исследования магнитотвердых и магнитомягких материалов.
3. Какие приемы построения магнитопровода используются для создания в межполюсном пространстве электромагнита магнитных полей напряженностью до 3000 – 3500 Э.
4. Показать графически, из каких составляющих формируется магнитное поле в межполюсном пространстве электромагнита.
5. В какой области физики используется понятие магнитной цепи. Для каких целей используются устройства, содержащие магнитную цепь.
6. Электромагниты. Магнитопроводы замкнутого типа (способы построения и области применения).
7. Электромагниты. Магнитопроводы разомкнутого типа (устройство и область применения).
8. Электромагниты. Способы построения магнитопроводов.
9. Электромагниты. Классификация по габаритам и соотношению между медью и железом.
10. Электромагниты (определение, получение магнитных полей).

При проведении лекционных занятий преподаватель должен объяснить студентам значение компетентностного подхода для формирования современного специалиста, сформировать основные компетенции по специальности и показать пути их освоения на лабораторных, практических занятиях, а также при курсовом и дипломном проектировании.

Интерактивные лекционные занятия проводятся в следующей форме.

#### **1. Лекция-беседа**

В названном виде занятий планируется диалог с аудиторией, это наиболее простой способ индивидуального общения, построенный на непосредственном контакте преподавателя и студента, который позволяет:

- привлекать к двухстороннему обмену мнениями по наиболее важным вопросам темы занятия;
- менять темп изложения с учетом особенности аудитории.

Участие (внимание) слушателей в данной лекции обеспечивается путем вопросно-ответной беседы с аудиторией (постановка проблемного задания).

Вначале лекции и по ходу ее преподаватель задает слушателям вопросы не для контроля усвоения знаний, а для выяснения уровня осведомленности по рассматриваемой проблеме.

Вопросы могут быть элементарными: для того, чтобы сосредоточить внимание, как на отдельных нюансах темы, так и на проблемах.

Продумывая ответ, студенты получают возможность самостоятельно прийти к выводам и обобщениям, которые хочет сообщить преподаватель в качестве новых знаний.

Необходимо следить, чтобы вопросы не оставались без ответа, иначе лекция будет носить риторический характер.

**В форме лекции-беседы рекомендуется** проводить занятия, в которых **необходимо связать** уже имеющиеся знания, например, **по физике (закон электромагнитной индукции, принцип работы трансформатора и т.д.)** с излагаемым материалом.

**В лекции с эвристическими элементами** также присутствуют элементы **лекции-беседы**.

#### **2. Лекция с эвристическими элементами.**

В переводе с греческого «эврика» означает «нашел», «открыл». Исходя из этого, в процессе изложения учебного материала перед студентами ставится задача и они, опираясь на имеющиеся знания, должны:

- найти собственное (индивидуальное, коллективное) решение;
- сделать самостоятельное открытие;
- принять самостоятельное, логически обоснованное решение.

Планирование данного типа лекции требует от преподавателя заранее подобранных задач с учетом знаний аудитории.

Таким заданием может быть:

разработать программу для расчета электромагнита;

разработать лабораторную работу по нахождению значения температуры Кюри и т.д.

### **3. Лекция с элементами обратной связи.**

В данном случае подразумевается изложение учебного материала и использование знаний по смежным предметам (межпредметные связи) или по изученному ранее учебному материалу. Обратная связь устанавливается посредством ответов студентов на вопросы преподавателя по ходу лекции. Чтобы определить осведомленность студентов по излагаемой проблеме, в начале какого-либо раздела лекции задаются необходимые вопросы.

Если студенты правильно отвечают на вводный вопрос, преподаватель может ограничиться кратким тезисом или выводом и перейти к следующему вопросу.

Если же ответы не удовлетворяют уровню желаемых знаний, преподаватель сам излагает подробный ответ, и в конце объяснения снова задает вопрос, определяя степень усвоения учебного материала.

Если ответы вновь демонстрируют низкий уровень знаний студентов – следует изменить методику подачи учебного материала.

**В форме лекции с элементами обратной связи рекомендуется** проводить занятия, в которых **необходимо связать** уже имеющиеся знания, например, **по физике (закон электромагнитной индукции, принцип работы трансформатора и т.д.)** с излагаемым материалом. Например:

**Магнитные измерения.** Определение. Задачи магнитных измерений. Предмет исследования. Гистерезис, параметры петли гистерезиса. Классификация магнитных материалов и методов магнитных измерений; структура построения средств магнитных измерений.

### **4. Лекция с решением производственных и конструктивных задач.**

Такая лекция представляет собой разновидность проблемной системы обучения.

Производственная задача – это ситуация, которая кроме материала для анализа (изучения) должна содержать проблему, решение которой предполагает значительный объем знаний, полученных на предыдущих занятиях по данному и по другим предметам.

Такой метод способствует совершенствованию навыков работы с полученной информацией и развитию логического мышления, а также самостоятельному поиску необходимой информации.

Решаемые вопросы:

1) спланировать и провести эксперимент по нахождению значения индукции магнитного поля соленоида.

2) спланировать и провести эксперимент по нахождению значения точки Кюри для ферромагнитного образца.

3) определение вида зависимости индукции магнитного поля ферромагнитного образца от напряженности внешнего поля.

### **5. Лекция с элементами самостоятельной работы студентов.**

**Представляет собой разновидность занятий, когда после теоретического изложения материала требуется практическое закрепление знаний (именно по данной теме занятий) путем самостоятельной работы над определенным заданием. Оптимально для применения на лекциях по спецпредметам.**

Очень важно при объяснении выделять основные, опорные моменты опираясь на которые, студенты справятся с самостоятельным выполнением задания. Следует обратить

внимание и на часто встречающиеся (возможные) ошибки при выполнении данной самостоятельной работы.

### **6. Лекция с решением конкретных ситуаций.**

Организация активной учебно-познавательной деятельности построена на анализе конкретных ситуаций (микроситуации и ситуации-проблемы).

*Микроситуация* выражает суть конфликта, или проблемы с весьма схематичным обозначением обстоятельств. Требуется от студентов новых самостоятельных выводов, обобщений, заостряет внимание на изучаемом материале (примерами могут служить примерами микроситуации, происходящие в процессе лекционного материала).

*Ситуации-проблемы*, или ситуации, в которых студентам предлагается не только дать анализ сложившейся обстановки, но и принять логически обоснованное решение, т.е. решить ситуационную задачу.

Преподаватель должен продумать, что дано, что требуется сделать в данной ситуации? Характер вопросов может быть следующим:

1. В чем заключается проблема?
2. Можно ли ее решить?
3. Каков путь решения, т.е. каково решение исследовательской задачи.

Важно понимать! Ситуационная задача является источником творческого мышления: от простого словесного рассуждения - к практическому решению задачи.

### **7. Лекция с коллективным исследованием**

По ходу излагаемого материала студентам предлагается совместно вывести то или иное правило, комплекс требований, определить закономерность на основе имеющихся знаний.

Подводя итог рассуждениям, предложениям студентов, преподаватель дает правильное решение путем постановки необходимого вопроса, например, : от чего зависит качество изделия, от чего зависит прочность, от чего зависит экономичность?

Например, решая уже названный комплекс вопросов, при обсуждении проведенного занятия преподаватель вместе со студентами делает вывод о том, что не существует какого-то универсального источника питания. Для каждой конкретной ситуации его нужно подбирать отдельно.

### **8. Групповая консультация.**

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (написание рефератов, выполнение курсовых работ, сдача экзаменов, подготовка технических конференций);
- если студенты самостоятельно изучают нормативный, справочный материал, инструкции, положения;
- при заочной форме обучения – обзорные занятия, индивидуальные консультации.

После лекции другими не менее важными формами учебной работы в высшем учебном заведении являются групповые практические, семинарские, лабораторные занятия. Эти виды учебных занятий служат для дальнейшего уяснения и углубления сведений, полученных на лекциях, а также для приобретения навыков применения теоретических знаний на практике. А контроль полученных студентом в течение учебного года знаний и

навыков осуществляется посредством промежуточной аттестации, которая проводится в соответствии с учебным планом и учебными программами в форме сдачи курсовых работ или проектов, экзаменов и зачетов.

Промежуточная аттестация студентов подразделяется на зачетную, именуемую зачетной неделей, и экзаменационную сессию. Зачеты сдаются в течение одной недели перед экзаменационной сессией. Продолжительность экзаменационных сессий (а их две: зимняя и летняя) в учебном году устанавливается Госстандартом.

## 5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

**Самостоятельная работа студентов-заочников** – это основной метод самоподготовки по освоению учебных дисциплин и овладению навыками профессиональной и научно-исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов-заочников занимает до 90% бюджета времени, отводимого на освоение образовательной программы, и требует постоянного контроля и корректировки.

**Главная задача самостоятельной работы студентов** – развитие умения приобретать научные знания путем личных поисков, формирование активного интереса и вкуса к творческому, самостоятельному подходу в учебной и практической работе. В процессе самостоятельной работы студент должен научиться понимать сущность предмета изучаемой дисциплины, уметь анализировать и приходиться к собственным обоснованным выводам и заключениям. Все виды учебных занятий основываются на активной самостоятельной работе студентов. Планирование самостоятельной работы студентов-заочников должно начинаться сразу после установочных лекций (от лат. lectio – «чтение» – это одна из основных форм организации учебного процесса, представляющая собой устное, монологическое, систематическое, последовательное изложение преподавателем учебного материала).

**Цель лекции** – создание основы для последующего детального освоения студентами учебного материала. Для студентов-заочников лекции читаются по наиболее сложным темам курса.

В силу специфики заочной формой обучения, в основном используются лекции: установочная и обзорная, проводимая в форме групповой консультации.

Поэтому у студентов-заочников практически весь материал выносится на самостоятельное изучение.

**Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
1. Магнитные свойства электрона, электронной оболочки атома и ядра.	5	Изучение и конспектирование материала, подготовка к тестовым вопросам, подготовка докладов, рефератов, устных сообщений по заданию преподавателя
2. Основные опытные данные о свойствах магнетиков.	5	
3. Основные теории магнетиков.	6	
4. Различные виды энергии в ферромагнетике и формулы для их описания.	6	
5. Кривые намагничивания.	6	
6. Основные магнитные характеристики в переменных полях.	6	
7. Магнитные материалы.	6	
8. Тонкие магнитные пленки.	5	
9. Магнитные измерения.	6	

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
10. Способы получения магнитных полей.	5	
11. Магнитная цепь.	5	
12. Гистерографы.	6	
13. Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин	5	

*[Примечание: данная таблица заполняется в соответствии с таблицей 2]*

### **5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины (модуля), выполняемые обучающимися самостоятельно**

Программой не предусматривается выполнение курсовых или контрольных работ по дисциплине. Однако, по усмотрению преподавателя или по просьбе студента, студент для повышения своей оценки имеет право взять дополнительную письменную работу, выполняемую внеаудиторно. Работа может носить характер теста, доклада, реферата и т.д.

Критерии выставления оценок за названные работы сформулированы в ФОСах. Здесь приводятся требования к оформлению работы.

#### **Общие требования оформления доклада/реферата/контрольной работы**

Доклад/реферат выполняется на листах писчей бумаги формата А-4 в Microsoft Word; объем: 5-10 страниц текста для доклада, 10-15 страниц текста для реферата (приложения к работе не входят в ее объем). Размер шрифта – 14; интервал – 1,5; с нумерацией страниц сверху страницы посередине, абзацный отступ на расстоянии 2,25 см от левой границы поля. В тексте обязательны ссылки на первоисточники. Количество источников: не менее 5-8 различных источников для доклада, не менее 8-10 для реферата.

Все формулы, единицы измерений, расчеты приводятся и ведутся в системе СИ.

При оформлении работы соблюдаются поля:

- левое – 25 мм;
- правое – 10 мм;
- нижнее – 20 мм;
- верхнее – 20 мм

#### **· Оформление таблиц:**

- Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы, при его наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

- При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

- Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

- На все таблицы должны быть ссылки в реферате. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

#### **· Оформление иллюстраций:**

- Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

- Иллюстрации могут быть в компьютерном исполнении, в том числе и цветные.

- На все иллюстрации должны быть даны ссылки в реферате.

- Иллюстрации, за исключением иллюстрации приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

- Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1». Слово «рисунок» и его наименование располагают посередине строки.
- Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например, Рисунок 1.1.
- Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 — Схема карты сайта.
- Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.3.
- При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и «... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.
- **Приложения**
- Приложение оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа.
- В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте документа, за исключением справочного приложения «Библиография», которое располагают последним.
- Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение», его обозначения и степени.
- Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.
- Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность.
- Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O.
- В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами.
- Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».
- Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения.
- Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

### **Представление.**

Контрольная работа должна быть представлена в **двух видах**: печатном и электронном.

## **6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **6.1. Образовательные технологии**

Для изучения дисциплины «Магнитные измерения» организуются **практико-ориентированные занятия** (ПОЗ). ПОЗ организуются по следующей схеме: изложение теоретического материала (лектор д.п.н., к.ф.-м.н., доцент Смирнов В.В.) – 30% от времени занятия; привязка данного материала к конкретным условиям предприятия (представитель предприятия) - 30% от времени занятия; обсуждение проблемы – 40% от времени занятия.

Занятия – **разбор конкретных ситуаций** составляют основу промежуточного и итогового контроля. На этих занятиях студентам предлагается осуществить подбор источника питания для осуществления того или иного вида сварки.

При проведении **лекционных занятий** предусматривается использование ресурсов сети Интернет для демонстрации интерактивных моделей сварочных процессов, описаний и

характеристик современных источников питания для сварки. Доля лекционных занятий составляет 30% от всего времени, отводимого на освоение дисциплины.

Используются формы **бинарных уроков**, во время которых для проведения инженерных расчетов интегрируются физика, математический анализ и изучаемая дисциплина.

При проведении семинаров используются элементы **деловой игры**: например, разбившись на команды, студенты проводят сравнительный анализ достоинств и недостатков источников питания различных типов и фирм-изготовителей. Получение заданий для деловой игры возможно в виде **кейса**.

При реализации дисциплины также используются практические занятия и лабораторные работы.

На заключительном этапе при подготовке к экзамену (зачету), используются **контрольные работы**, в которых предлагается описать требования к выбранному источнику питания, определить, что представляет собой его вольт-амперная характеристика, определить род тока, динамические свойства и устройство регулирования параметров режима сварки; установить пределы регулирования параметров сварки и способы регулирования.

Текущий контроль осуществляется с помощью **тестовых вопросов**.

**Таблица 5 – Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий**

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
1. <i>Магнитные свойства электрона, электронной оболочки атома и ядра.</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Не предусмотрено</i>
2. <i>Основные опытные данные о свойствах магнетиков.</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций</i>	<i>Не предусмотрено</i>
3. <i>Основные теории магнетиков.</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Не предусмотрено</i>
4. <i>Различные виды энергии в ферромагнетике и формулы для их описания.</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций</i>	<i>Не предусмотрено</i>
5. <i>Кривые намагничивания.</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии</i>	<i>Не предусмотрено</i>
6. <i>Основные магнитные характеристики в переменных полях.</i>	<i>Лекция-диалог</i>	<i>Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций</i>	<i>Не предусмотрено</i>
7. <i>Магнитные материалы.</i>	<i>Обзорная лекция</i>	<i>Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические</i>	<i>Не предусмотрено</i>

		<i>дискуссии</i>	
8. Тонкие магнитные пленки.	Обзорная лекция	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций	Не предусмотрено
9. Магнитные измерения.	Лекция-диалог	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
10. Способы получения магнитных полей.	Обзорная лекция	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций	Не предусмотрено
11. Магнитная цепь.	Лекция-диалог	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено
12. Гистерезис.	Обзорная лекция	Тематические дискуссии, анализ конкретных ситуаций	Не предусмотрено
13. Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин	Лекция-диалог	Фронтальный опрос, выполнение практических заданий, тематические дискуссии	Не предусмотрено

[Примечание: данная таблица заполняется в соответствии с таблицей 2; если форма учебных занятий не предусмотрена учебным планом и таблицей 2, то в соответствующей ячейке делается запись «Не предусмотрено»]

## 6.2. Информационные технологии

При изучении дисциплины «Магнитные измерения» используется система управления обучением на платформе Moodle, созданная в Астраханском государственном университете (АГУ) с 2012 года. Она предоставляет возможность круглосуточного доступа к ресурсам (учебным материалам) курса, на которые подписан студент, его интерактивным действиям (независимо от местонахождения), а преподавателям – платформу для оперативного обнародования выставляемых оценок, важных событий и идей, для информирования студентов об изменениях в учебном процессе. По изучаемой дисциплине на выбранной платформе размещены задания для практических занятий, контрольные и тестовые задания, кейс-задачи. Платформа позволяет реализовывать как обучающий, так и контрольный режим выполнения заданий.

Также как источник информации широко используются электронные учебники и различные сайты как на договорной основе (смотри п. 6.3), так и находящиеся в свободном доступе.

Для оперативного обмена информацией, получения заданий и выставления оценок широко используется электронная почта преподавателя [smirnov.v.aspu@mail.ru](mailto:smirnov.v.aspu@mail.ru).

Интернет и IT технологии широко используются при подготовке лекций, презентаций, кейс-заданий и пр.

### 6.3. Программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

#### 6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu

1. [Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС»](http://dlib.eastview.com) <http://dlib.eastview.com>

*Имя пользователя: AstrGU, Пароль: AstrGU*

2. Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте информационных ресурсов [www.polpred.com](http://www.polpred.com)

3. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем» <https://library.asu.edu.ru/catalog/>

4. Электронный каталог «Научные журналы АГУ» <https://journal.asu.edu.ru/>

5. орпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) – сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек. <http://mars.arbicon.ru>

6. Справочная правовая система КонсультантПлюс.

Содержится огромный массив справочной правовой информации, российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты, технические нормы и правила. <http://www.consultant.ru>

#### 6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронная библиотечная система IPRbooks <a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a>
Электронно-библиотечная система BOOK.ru <a href="https://book.ru">https://book.ru</a>
Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги»

<a href="http://www.biblio-online.ru">www.biblio-online.ru</a> , <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
<b>Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех»</b> <a href="https://biblio.asu.edu.ru">https://biblio.asu.edu.ru</a>
<i>Учётная запись образовательного портала АГУ</i>
<b>Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента»</b>
Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог содержит более 15 000 наименований изданий. <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>
<i>Регистрация с компьютеров АГУ</i>

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «**Магнитные измерения**» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

**Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины (модуля), результатов обучения по дисциплине (модулю) и оценочных средств**

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Магнитные свойства электрона, электронной оболочки атома и ядра.	ПК-5	1. Вопросы для собеседования 2. Тестовые задания 3. Задания на расчетную работу 4. Вопросы к зачету 5. Практические задания
Основные опытные данные о свойствах магнетиков.		
Основные теории магнетиков.		
Различные виды энергии в ферромагнетике и формулы для их описания.		
Кривые намагничивания.		
Основные магнитные характеристики в переменных полях.		
Магнитные материалы.		
Тонкие магнитные пленки.		
Магнитные измерения.		
Способы получения магнитных полей.		
Магнитная цепь.		

Контролируемый раздел, тема дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
Гистерографы.		
Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин		

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2	не способен правильно выполнить задания

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«неудовлетворительно»	

### 7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

#### 1. Перечень вопросов и заданий, выносимых на зачёт, коллоквиум, собеседование

1. Спин и спиновой магнитный момент электрона. Эффект Зеемана. Диамагнетизм электронной оболочки атома.

2. Парамагнитные вещества. Парамагнитные вещества в сильных и слабых магнитных полях.

3. Основные опытные данные о свойствах магнетиков. Классификация магнетиков. Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики, слабые ферромагнетики, вещества с обменной анизотропией. Основные свойства ферромагнетиков.

4. Вычисление магнитного момента тела. Формальная теория ферромагнетизма. Гипотеза о существовании областей спонтанной намагниченности (ферромагнитных доменов).

5. Энергия обменного взаимодействия. Энергия кристаллографической магнитной анизотропии. Энергия магнитострикционной деформации (магнитоупругая энергия). Магнитоупругая энергия. Энергия магнитостатического поля.

6. Линейная магнитострикция. Объемная магнитострикция. Механострикция и эффект.

7. Начальный участок кривой намагничивания. Обратимые и необратимые процессы смещения границ. Обратимые процессы вращения. Теория Акулова.

8. Влияние упругих напряжений на намагничивание ферромагнетиков. Необратимые явления перемагничивания.

9. Теория гистерезиса на основе процесса смещения границ в однородной среде при наличии в ней неоднородных напряжений и включений (Кондорский, Керстен).

10. Гистерезис, обусловленной задержкой роста зародышей перемагничивания. Гистерезис, обусловленный необратимым процессом вращения.

11. Скин эффект. Дисперсия магнитной проницаемости. Уравнение движения доменной стенки.

12. Магнитомягкие материалы. Железо, железокремнистые, железоникелевые сплавы и т.п. Магнитотвердые материалы. Постоянные магниты.

13. Тонкие магнитные пленки. Основные способы получения. Вакуумные технологии. Основные достоинства и недостатки. Быстро закаленные сплавы. Особенности процессов намагничивания ТМП. Структура доменных границ. Современные устройства на ТМП.

14. Задачи магнитных измерений. Предмет исследования. Гистерезис, параметры петли гистерезиса.

15. Классификация магнитных материалов и методов магнитных измерений; структура построения средств магнитных измерений. Электротехнические стали и ферримагнетики.

16. Баллистический метод. Использование магнитных зондов для измерения напряженности магнитного поля.

17. Метод ядерного магнитного резонанса. Ядерные магнитометры.

18. Электродинамический метод измерения напряженности магнитного поля. Магнитные потенциалметры. Магнитный полеметр.

19. Использование эффекта Холла для измерения напряженности постоянного и переменного магнитных полей.

20. Методы исследования ферромагнитных веществ при насыщении. Методы исследования слабомагнитных веществ. Другие методы измерения напряженности магнитного поля.

21. Способы получения магнитных полей. Различные системы электромагнитов. Намагничивающие соленоиды. Получение импульсных магнитных полей. Сверхпроводящие соленоиды и магниты. Получение неоднородных магнитных полей. Стабилизация магнитного поля. Постоянные магниты.

22. Магнитная цепь. Определение. Применение разомкнутой магнитной цепи для измерения магнитных свойств образцов МТМ малых размеров.

23. Гистереографы. Применение не полностью замкнутой и замкнутой магнитной цепи в магнитных измерениях.

24. Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин: определение исходных параметров исследуемых образцов, определение и расчет погрешностей, подготовка образцов используемых в магнитных измерениях.

## ***2. Вопросы для контрольной работы, проекта, разноуровневых задач и заданий, расчетно-графических работ***

### Термины и определения:

1. Магнитные измерения: определение, задачи, предмет исследования (обосновать на примерах).
2. Магнитные измерения: определение, измеряемые величины (показать на примерах).
3. Гистерезис: определение понятия, виды гистерезиса (привести примеры).
4. Магнитный гистерезис. Петля гистерезиса, параметры петли гистерезиса (определения).
5. Магнитный гистерезис. Кривая размагничивания, параметры кривой размагничивания (определения).
6. Магнитный гистерезис. Кривая намагничивания, параметры кривой намагничивания (определения).
7. Петля гистерезиса, сходство и отличие петель гистерезиса построенных в координатах  $I(H)$  и  $B(H)$  (показать на примере).
8. Петля гистерезиса (определение). Параметры петли гистерезиса, построенной в координатах  $B(H)$ .
9. Петля гистерезиса (определение). Параметры петли гистерезиса, построенной в координатах  $I(H)$ .
10. Магнитные величины, определяемые из гистерезисных кривых (перечислить и дать определения).
11. Петля гистерезиса. Коэффициент прямоугольности  $K_p$  для магнитомягкого материала (определение, почему считается предпочтительным его стремление к единице).
12. Петля гистерезиса. Коэффициент прямоугольности  $K_p$  для магнитотвердого материала (определение, почему считается предпочтительным его стремление к единице).
13. Коэффициент прямоугольности  $K_p$  для магнитотвердого и магнитомягкого материала: определения, сходство и различие (обосновать).
14. Петля гистерезиса. Классификация магнитных материалов (магнитотвердые и магнитомягкие материалы – основные признаки). Привести примеры использования.
15. По каким признакам ферромагнитные материалы делятся на магнитотвердые и магнитомягкие. Где на практике применяются магнитотвердые и магнитомягкие материалы (привести примеры).

Параметры петли гистерезиса:

1. Петля гистерезиса. Справедливо ли неравенство  $H_{cB} > H_{cI}$  (обосновать схематически).
2. Петля гистерезиса. Справедливо ли выражение  $H_{cI} \geq H_{cB}$  (обосновать схематически).
3. Петля гистерезиса. Когда выполняется равенство  $H_{cI} = H_{cB}$  (показать схематически).
4. Магнитный гистерезис. Справедливо ли выражение  $(BH)_{\max} > \frac{B_r^2}{4}$  (обосновать схематически).
5. Петля гистерезиса. Может ли численно выполняться неравенство  $H_{cB} > B_r$  (обосновать на примере).
6. Справедливо ли неравенство (численно)  $H_{cB} \leq B_r$  (обосновать на примере).
7. Почему теоретический предел максимального энергетического произведения равен  $\frac{B_r^2}{4}$  (обосновать)?
8. Почему говорят о намагниченности насыщения  $I_s$  и не существует понятия индукции насыщения  $B_s$  для магнитотвердых материалов.
  9. Какое минимальное значение должна иметь  $H_{cI}$  чтобы выполнялось равенство между реальным значением и теоретическим пределом максимального энергетического произведения.
  10. Может ли численно выполняться неравенство  $H_{cB} > B_r$  (обосновать на примере).
  11. Когда выполняется равенство  $H_{cI} = H_{cB}$  (обосновать графически).
  12. Написать соотношения между параметрами петель гистерезиса, построенных в координатах  $B(H)$  и  $I(H)$  (предельный случай) если  $H_{cI} > H_{cB}$ .
  13. Написать соотношения между параметрами петель гистерезиса, построенных в координатах  $B(H)$  и  $I(H)$  (предельный случай) если  $H_{cI} < H_{cB}$ .
  14. Написать соотношения между параметрами петель гистерезиса, построенных в координатах  $B(H)$  и  $I(H)$  (предельный случай) если  $H_{cI} = H_{cB}$ .
15. Петля гистерезиса. Справедливо ли выражение  $(BH)_{\max} < \frac{B_r^2}{4}$  (обосновать схематически).
16. В каком случае для теоретического предела максимального энергетического произведения справедливо выражение  $\frac{B_r \cdot H_{cB}}{4}$  (о Меньше какой величины (части от  $B_r$ ) не может быть  $H_{cB}$  если максимальное энергетическое произведение  $(B \cdot H)_{\max}$  равно его теоретическому пределу (обосновать графически)?

Электромагниты, магнитные цепи:

1. Описать структуру построения электромагнитов, работающих в условиях ненасыщенного и насыщенного магнитопровода.
2. Описать структуру построения средств магнитных измерений для исследования магнитотвердых и магнитомягких материалов.
3. Какие приемы построения магнитопровода используются для создания в межполюсном пространстве электромагнита магнитных полей напряженностью до 3000 – 3500 Э.
4. Показать графически, из каких составляющих формируется магнитное поле в межполюсном пространстве электромагнита.
5. В какой области физики используется понятие магнитной цепи. Для каких целей используются устройства, содержащие магнитную цепь.
6. Электромагниты. Магнитопроводы замкнутого типа (способы построения и области применения).
7. Электромагниты. Магнитопроводы разомкнутого типа (устройство и область применения).
8. Электромагниты. Способы построения магнитопроводов.
9. Электромагниты. Классификация по габаритам и соотношению между медью и железом.
10. Электромагниты (определение, получение магнитных полей).
11. Устройства для получения статических магнитных полей (примеры).
12. Классификация магнитных цепей (основной классификационный признак, пример).
13. Неполностью замкнутая магнитная цепь: основной признак, определение.
14. Замкнутая магнитная цепь: основной признак, определение.
15. Разомкнутая магнитная цепь: основной признак, определение.
16. Магнитные цепи. Сходство и различие (по видам). Привести примеры.
17. Магнитная цепь. Определение. Область применения.
18. Средства магнитных измерений: определение, структура построения.

***3. Практико-ориентированные задания***

Для практико-ориентированных занятий предлагаются следующие ситуации:

- 1) спланировать и провести эксперимент по нахождению значения неизвестного сопротивления методом:
  - а) методом амперметра и вольтметра
  - б) мостовым методом
- 2) спланировать и провести эксперимент по нахождению значения активной мощности и угла сдвига фаз между силой тока и напряжением в различных цепях переменного тока для различных нагрузок.
- 3) спланировать и провести эксперимент по нахождению значения индукции магнитного поля соленоида.
- 4) спланировать и провести эксперимент по нахождению значения точки Кюри для ферромагнитного образца.
- 5) определение вида зависимости индукции магнитного поля ферромагнитного образца от напряженности внешнего поля.
- б) определение вида зависимости сопротивления от температуры для резисторов, выполненных из различных материалов.
- 7) определения вида зависимости, индуцированной эдс от: напряженности магнитного поля; частоты магнитного поля; количества витков катушки; поперечного сечения катушки.
- 8) спланировать и провести эксперимент по нахождению значения резонансной частоты последовательного контура с :
  - а) демпфирующим резистором и без него;
  - б) с параллельным резистором и без него;

9) спланировать и провести эксперимент по нахождения значения резонансной частоты параллельного контура с :

- а) демпфирующим резистором и без него;
- б) с параллельным резистором и без него.

#### 4. Графические задачи

1. Построить зависимость  $B(H)$  при перемагничивании исследуемого образца по замкнутому циклу. Сдвиг фазы между зависимостями  $B(t)$  и  $H(t)$  равен  $0 - 0,1T$ .

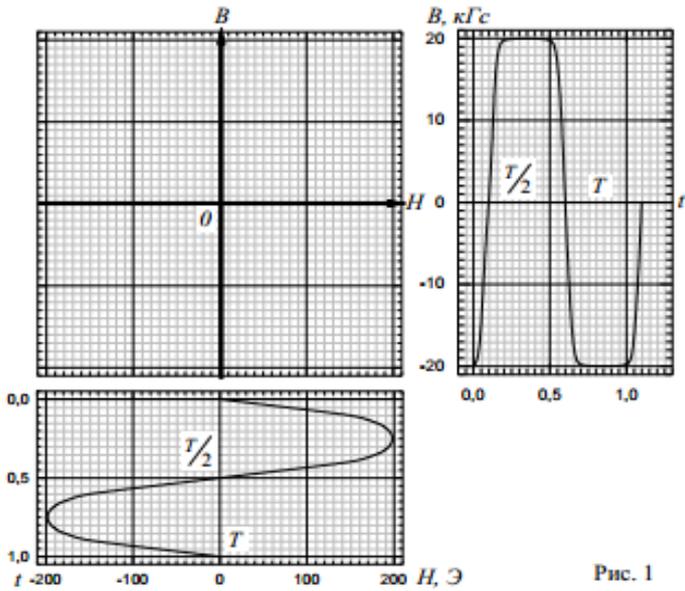


Рис. 1

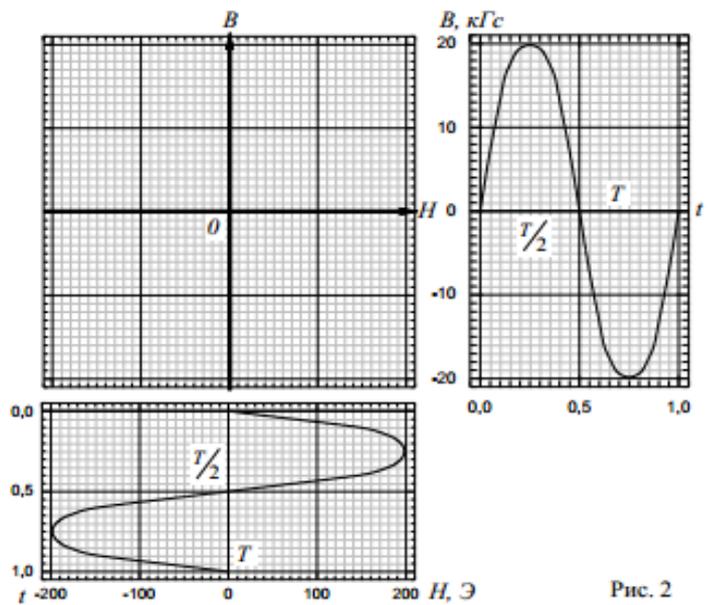


Рис. 2

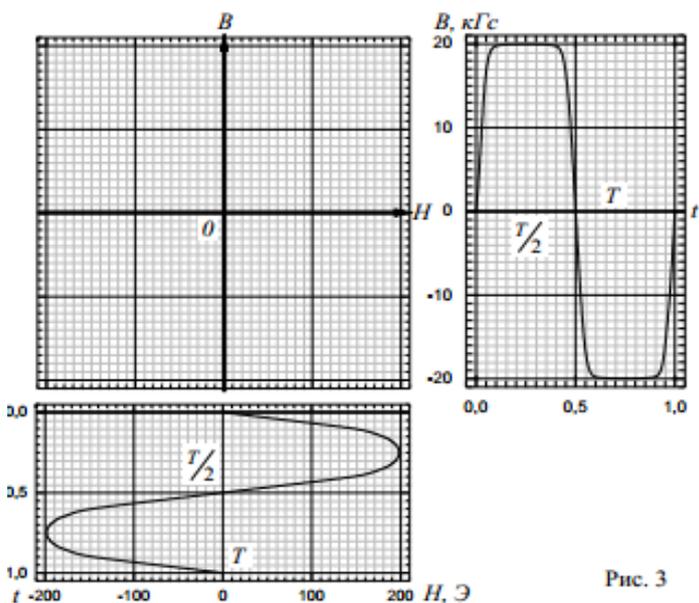


Рис. 3

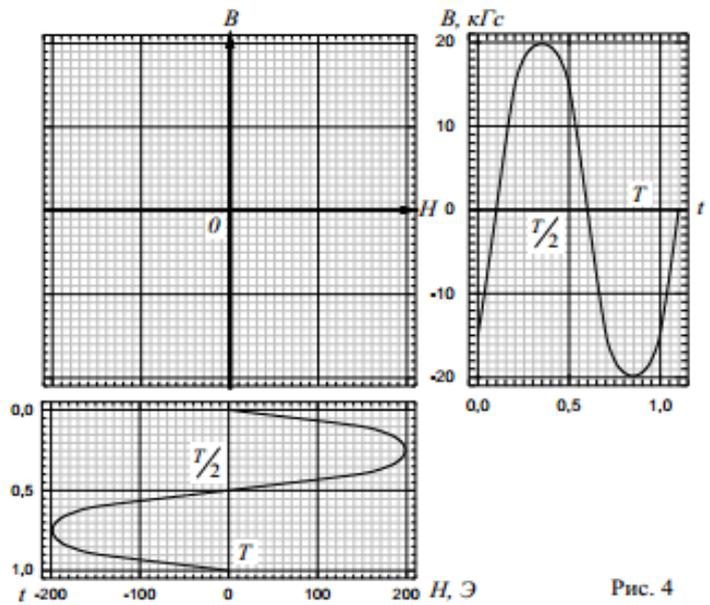


Рис. 4

2. Построить зависимости  $B(t)$  или  $H(t)$  по известным кривым перемагничивания (петлям гистерезиса), определить сдвиг фазы между зависимостями  $B(t)$  и  $H(t)$ .

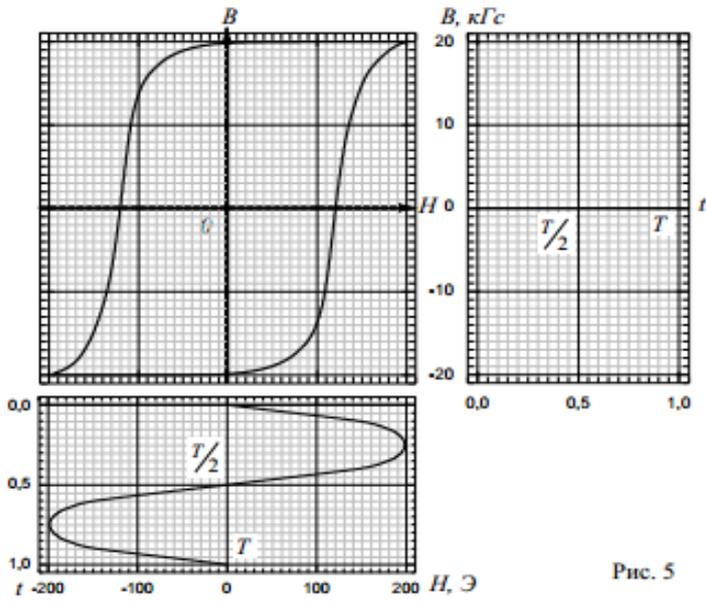


Рис. 5

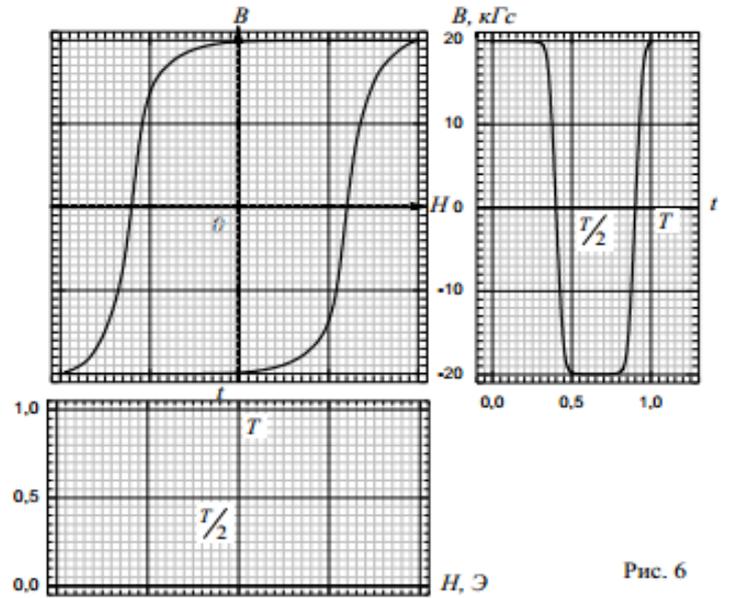


Рис. 6

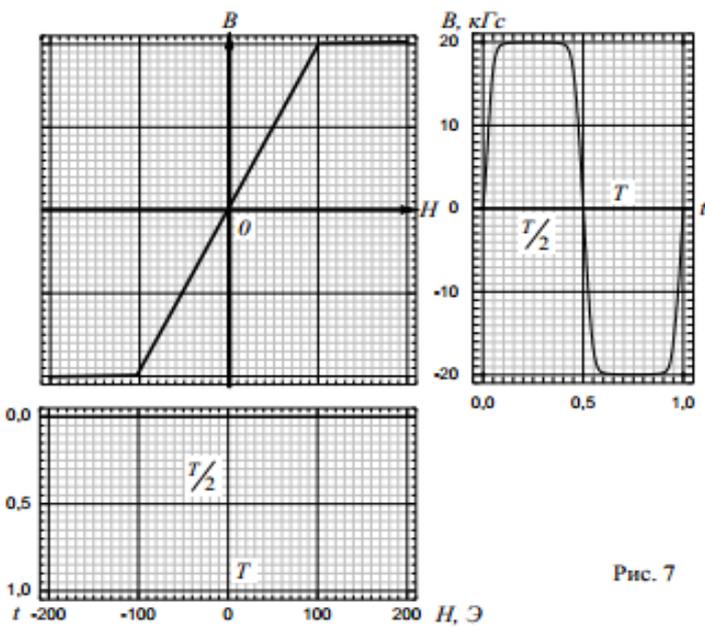


Рис. 7

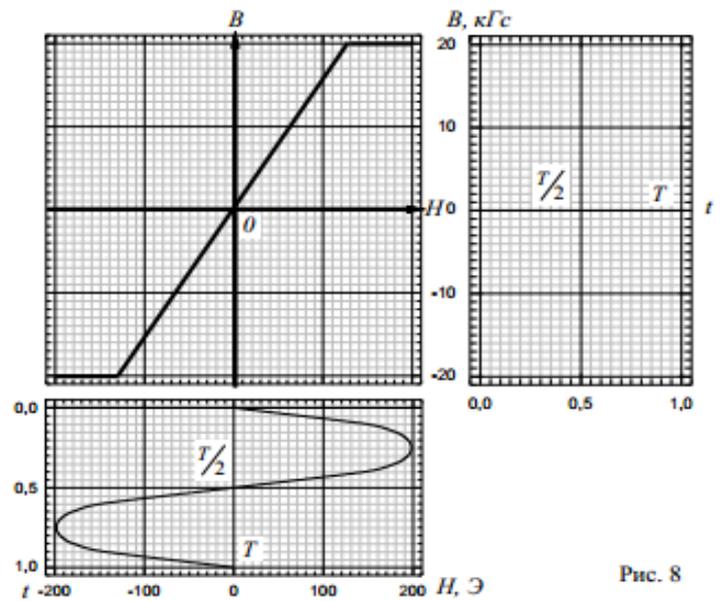
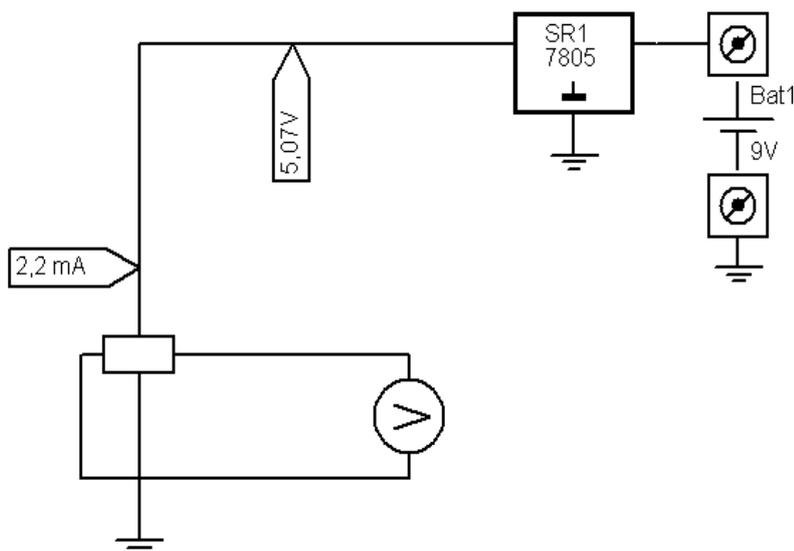


Рис. 8

## 5. Практические творческие задания

### 1. Гауссметр на основе датчика ДХК-0.5А



Регулятор напряжения 7805 преобразует напряжение 9В в напряжение 5В. Через токовые входы датчика Холла протекает ток  $I = 2,2$  мА. К выходам датчика присоединяется цифровой вольтметр на диапазоне 100 мВ для измерения выходного напряжения. Измерим выходное напряжение без магнита, назовем это начальное напряжение  $U_0$  (в случае реально собранной схемы эта величина составила 1,8 мВ). Поднесем магнит к датчику и измерим напряжение с магнитом, назовем это напряжение  $U$  (если вольтметр покажет отрицательное напряжение, перевернем магнит другим концом, т. е. другим полюсом). Тогда величина магнитной индукции в *тесла* (Тл) (при величине напряжения в *вольтах*):

$$B = (U - U_0) / (K \cdot I / 3) = (U - U_0) / (0,28 \cdot 2,2 / 3) = (U - U_0) / 0,205 = 5 \cdot (U - U_0).$$

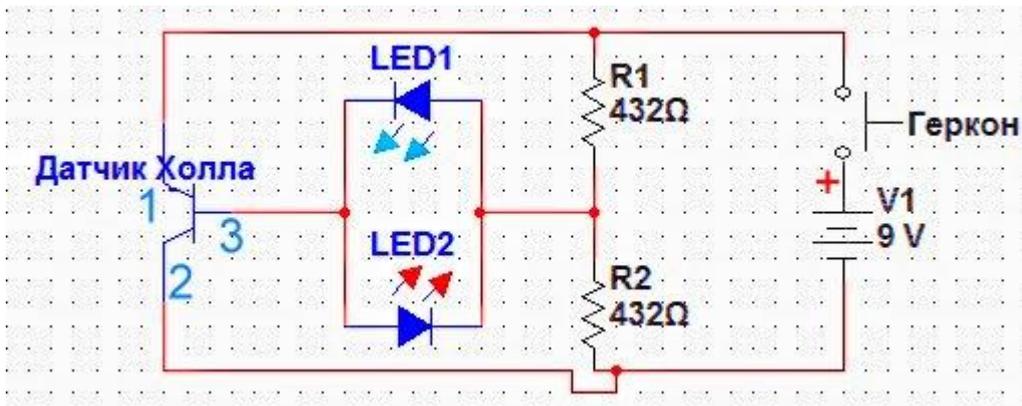
Например, при измерении магнитного поля реального небольшого магнита Nd-Fe-B цифровой вольтметр показал **22 мВ**.

Тогда величина магнитной индукции составит  $B = 5 \cdot (22 - 2) / 1000 = 0,1$  Тл = 100 мТл.

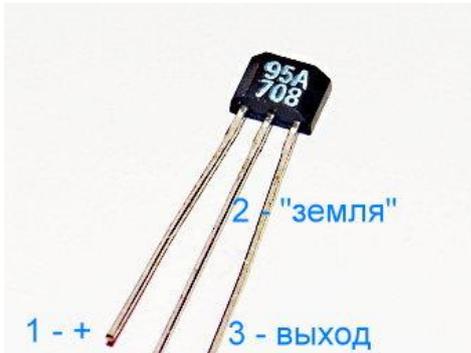
Не смотря на то, что все расчеты округлены, датчик не калиброван, ток не номинален, вольтметр не сертифицирован и т. д. мы реально можем не только определить, какой магнит сильнее, а какой слабее, где северный полюс, а где южный, но и достаточно точно *количественно* оценить силу магнита.

### 2. Магнитный пробник на основе датчика ДХК-0.5А

Служит для определения северного и южного полюсов магнита.



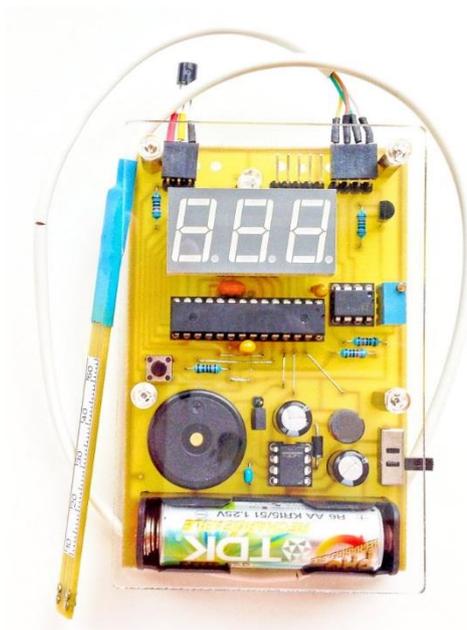
Элементная база: 9В батарея или аккумулятор; Держатель с контактами для батареи; Геркон; Датчик Холла Honeywell SS495A; 2 крупных светодиода FYL-10003U с красным и синим цветами свечения; 2 резистора с сопротивлением 400-600 Ом; Небольшой кусочек стеклотекстолита



Работу используемого датчика Холла можно описать одной фразой: *в отсутствие магнитного поля у него на выходе 1/2 напряжения питания, при отрицательной величине магнитного поля – 0, при положительной величине – напряжение питания.*

### 3. Производственный тесламетр.

В процессе сборки различных *магнитных систем* (для электродвигателей, генераторов, магнитных держателей и т. п.) часто необходим *тесламетр (гауссметр)*. Он позволит определить не только полярность магнитов, но и, в случае возникновения различных проблем, отбраковать нестандартные магниты, определить немагнитные участки системы (что очень важно, например, для магнитных сепараторов), рассортировать магниты по величине магнитного поля. Таким образом, для персонала, работающего с магнитами, *тесламетр* является тем же, чем является *мультиметр* для персонала, работающего с электронными компонентами.



Внешний вид тесламетра

Студентам предлагается самостоятельно найти и изготовить практически значимое устройство для обнаружения и измерения параметров магнитного поля.

#### Критерии оценки:

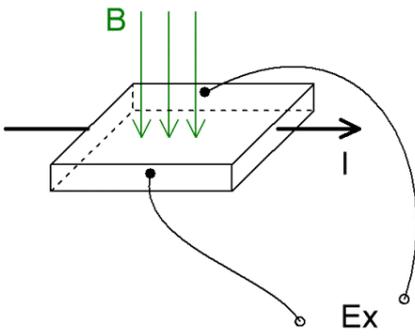
- оценка «отлично» выставляется студенту, если устройство изготовлено, отлажено и апробировано. Определена погрешность измерений;
- оценка «хорошо» - если устройство изготовлено, показана его работоспособность.

**Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов**

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
<b>ПК-5 Способность применять профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин</b>				
1.	Задание закрытого типа	Единица измерения магнитного потока: 1. Ампер 2. Вольт 3. Тесла 4. Герц 5. Вебер 6. Генри	5. Вебер	1
2.		Вещества,	2. парамагнетики	1

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		которые незначительно ослабляют магнитное поле, называются... 1. диамагнетики 2. парамагнетики 3. ферромагнетики		
3.		Магнитная проницаемость $\mu$ зависит от... 1. От вещества и его состояния 2. От местности 3. От величины проводника 4. От сопротивления	1. От вещества и его состояния	1
4.		Основные проявления гистерезиса: 1. Остаточная индукция 2. Увеличение магнитной индукции 3. Увеличение напряжения	1. Остаточная индукция	1
5.		Для расчетов магнитных цепей используют законы 1. Ома 2. Кирхгофа 3. Фарадея 4. Джоуля 5. Ньютона	2. Кирхгофа	1
6.	Задание открытого типа	Назвать устройства для получения статических магнитных полей	1. Сильные магнитные поля можно получать, пропуская через катушку или соленоид сильный ток. Чем больший ток течет через катушку, тем большее магнитное поле он создает. Но если катушка обладает электрическим сопротивлением, то в ней выделяется тепло. Приходится тратить огромную энергию на поддержание тока,	10

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			<p>возникают серьезные проблемы, связанные с отводом тепла (иначе катушка может расплавиться).</p> <p>2. Идея использования сверхпроводимости для создания сильных магнитных полей возникла сразу после ее открытия. Казалось бы, все, что требуется, — это намотать из сверхпроводящей проволоки катушку, замкнуть ее концы и пустить по такому контуру достаточно сильный ток. Так как электрическое сопротивление катушки равно нулю, то выделения тепла не происходит. И хотя охлаждение соленоида до температур жидкого гелия, при которых наступает сверхпроводимость, создает определенные трудности, преимущества окупали бы недостатки, если бы магнитное поле само не разрушало сверхпроводимость</p> <p>3. Постоянные магниты</p>	
7.		<p>Магнитная цепь. Определение. Область применения</p>	<p>Магнитная цепь – это совокупность ферромагнитных и неферромагнитных частей электротехнических устройств, необходимых для создания магнитных полей нужных конфигураций и интенсивности.</p> <p>Магнитные цепи могут быть <i>неразветвленные</i>, в которых магнитный поток в любом сечении цепи одинаков, и <i>разветвленные</i>, в которых магнитные потоки в различных сечениях цепи различны. Неразветвленные магнитные цепи бывают <i>однородные</i> и <i>неоднородные</i>.</p> <p>Разветвленные магнитные цепи могут быть <i>симметричные</i> и <i>несимметричные</i></p>	10
8.		<p>Средства магнитных измерений</p>	<p><b>Метод электромагнитной индукции</b></p> <p>Известно, что при пересечении витков катушки <math>L</math> магнитным потоком <math>\Phi</math> (при изменении магнитного потока, пронизывающего контур) в проводе катушки индуцируется ЭДС (<math>E</math>), пропорциональная скорости изменения магнитного потока <math>d\Phi/dt</math>, то есть пропорциональная и его величине <math>\Phi</math>. Данное явление описывается формулой:</p>	10

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			$E = -w \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; w - \text{количество витков}$ <p>При однородном магнитном поле магнитный поток <math>\Phi</math> будет прямопропорционален магнитной индукции <math>B</math>, а коэффициентом пропорциональности будет площадь контура <math>S</math>, пронизываемого линиями магнитной индукции.</p> <p><b>Гальваномагнитный метод (метод Холла)</b>          Общеизвестно, что на проводник с током, находящийся во внешнем магнитном поле, действует сила Ампера, а если рассмотреть процесс более щепетильно, то на движущиеся внутри проводника заряженные частицы действует сила Лоренца.          Так, если проводящую пластину поместить в магнитное поле, и пропустить через пластину постоянный или переменный электрический ток, то на краях пластины возникнет постоянная или переменная разность потенциалов. Эта разность потенциалов <math>E_x</math> называется ЭДС Холла.          Исходя из известных параметров пластины, зная ЭДС Холла, можно определить значение магнитной индукции <math>B</math>.          Устройство, предназначенное для измерения магнитной индукции называется тесламетром.</p>  $E_x = S_x * B$ <p><math>E_x</math> – ЭДС Холла  <math>S_x</math> – чувствительность датчика</p> <p>Если преобразователь Холла (датчик Холла) запитать от одного источника, а затем подать компенсирующую разность потенциалов от второго источника, то можно компенсационным методом при</p>	

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			помощи сравнивающего устройства определить ЭДС Холла.	
9.		Принцип действия гистерезиографа	напряжение $U_X$ на резисторе $R_1$ пропорционально индукции магнитного поля $H$ в образце с коэффициентом пропорциональности $K_H$ , а напряжение на конденсаторе $U_Y$ пропорционально индукции магнитного поля в образце с коэффициентом пропорциональности $K_B$ . Эти напряжения подаются соответственно на входы горизонтальной ( $X$ ) и вертикальной ( $Y$ ) разверток осциллографа через модуль разводки проводов $PO$ . Представленные соотношения позволяют определить с достаточной точностью магнитные свойства ферромагнитного материала по полученной экране осциллографа экспериментальной зависимости $B$ от $H$ (петле гистерезиса): 1. индукцию насыщения $B_S$ ; 2. остаточную магнитную индукцию $B_r$ ; 3. коэрцитивную силу $H_c$ ; 4. максимальное значение магнитной проницаемости $\mu_{max}$ ; 5. объемную плотность потерь энергии на перемагничивание $w$ , Дж/м <sup>3</sup> .	10
10.		По каким признакам делятся ферромагнитные материалы	<p style="text-align: center;"><b>Ферромагнитные материалы</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитомягкие</b></p> <p style="text-align: center;">Электротехническая сталь, чугун, пермаллой, ферриты и т.д.</p> <p style="font-size: small;"><i>Материалы, которые обладают малой остаточной индукцией, коэрцитивной силой и имеют круто поднимающуюся основную кривую намагничивания. Они легко перемагничиваются и имеют незначительные потери энергии от гистерезиса.</i></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитотвердые</b></p> <p style="text-align: center;">Закаленная сталь, сплавы: альнико, альнико, магникс и т.д.</p> <p style="font-size: small;"><i>Материалы, обладающие большой остаточной индукцией, коэрцитивной силой и полого поднимающейся основной кривой намагничивания. Зависимость индукции от напряженности достаточно сложная.</i></p> </div> </div>	10

Полный комплект оценочных материалов по дисциплине (модулю) (фонд оценочных средств) хранится в электронном виде на кафедре, утверждающей рабочую программу дисциплины (модуля), и в Центре мониторинга и аудита качества обучения.

#### 7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий/	Максимальное количество	Срок предоставления
-------	----------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------

		<b>баллы</b>	<b>баллов</b>	
<b>Основной блок</b>				
1.	Коллоквиум	2/2	20	
2.	Тетрадь с лекциями	1/1	4	
3.	Контрольная работа	2/2	30	
4.	Тетрадь по практике	1/1	6	
	<b>Всего</b>		60	
<b>Блок бонусов</b>				
5.	Отсутствие пропусков (лекций, практических занятий)		4	
6.	Активная работа на занятиях		4	
7.	Своевременное выполнение заданий		2	
	<b>Всего</b>		10	
<b>Дополнительный блок</b>				
8.	Экзамен			
<b>Итого</b>			100	

**Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)**

<b>Показатель</b>	<b>Баллы</b>
Опоздание (два и более)	-2
Не готов к практическому занятию	-2
Нарушение дисциплины	-2
Пропуски лекций без уважительных причин (за одну лекцию)	-2
Пропуски практических занятий без уважительных причин (за одно занятие)	-2
Не своевременное выполнение задания	-2
Нарушение техники безопасности	-1

При пересдаче экзамена (зачета) из рейтингового балла студента вычитается:

- первая пересдача – 5 баллов
- вторая пересдача – 10 баллов

**Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)**

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

*[Примечание: если в семестре итоговой формой контроля по дисциплине (модулю) является экзамен, графа со словами «Зачтено», «Не зачтено» не приводится]*

При реализации дисциплины (модуля) в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 8.1. Основная литература

1. Лекции по магнетизму [Электронный ресурс] / Боровик Е. С., Еременко В. В., Мильнер А. С. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922105779.htm>
2. Магнитомягкие материалы[Электронный ресурс] : Энциклопедический словарь-справочник / Стародубцев Ю.Н. - М. : Техносфера, 2011. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948362595.html>
3. Физические методы исследования:Магнитные свойства: Курс лекций [Электронный ресурс] / Введенский В.Ю., Лилеев А.С. - М. : МИСиС, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876233189.htm>
4. "Курс общей физики. Основы физики. Т. I. Механика. Электричество и магнетизм. Колебания и волны. Волновая оптика [Электронный ресурс]: Учеб. пособие: для вузов. / Кингсеп А. С., Локшин Г. Р., Ольхов О. А.; Под ред. А.С. Кингсеп. - 2-е изд., испр. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922107532.html>
5. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы[Электронный ресурс] / под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов) - 10-е изд., стер. - М. : Издательский дом МЭИ, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000823.html>

### 8.2. Дополнительная литература

6. Теоретическая физика. Т. VIII. Электродинамика сплошных сред [Электронный ресурс]: Учеб. пособ.: Для вузов. / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. -4-е изд., стереот. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101234.html>
7. Эффекты парапроцесса в ферромагнетиках и антиферромагнетиках [Электронный ресурс] / Белов К.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN592210148.html>
8. Основы материаловедения[Электронный ресурс] : учебник / Г.Г. Бондаренко, Т.А. Кабанова, В.В. Рыбалко ; под ред. Г. Г. Бондаренко. - 2-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015. - (Учебник для высшей школы). - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323777.htm>

### 8.3. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

<p><b>Электронная библиотечная система IPRbooks</b>  <a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a></p>
<p><b>Электронно-библиотечная система BOOK.ru</b>  <a href="https://book.ru">https://book.ru</a></p>
<p><b>Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ,</b>  раздел «Легендарные книги»  <a href="http://www.biblio-online.ru">www.biblio-online.ru</a>, <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a></p>
<p><b>Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех»</b>  <a href="https://biblio.asu.edu.ru">https://biblio.asu.edu.ru</a>  <i>Учётная запись образовательного портала АГУ</i></p>
<p><b>Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента»</b>  Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог содержит более 15 000 наименований изданий.</p>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Лекционные (интерактивные) занятия проходят в специально оборудованных аудиториях главного и лабораторного корпусов, либо в других аудиториях, оснащенных необходимым мультимедийным оборудованием.

Дисциплина обеспечена необходимыми графическими иллюстрациями, презентациями, фрагментами фильмов, комплекты плакатов, наглядных пособий и демонстрационных программ (приложены в электронном виде).

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).