

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 14:25:18
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



[Handwritten signature]

Б.Б.Педько

«28» июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Магнитные измерения

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

профиль

Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств

Для студентов

3 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Карпенков А.Ю.

[Handwritten signature]

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Магнитные измерения

2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- Формирование у студентов системного подхода к выполнению поставленной практической задачи в области исследования магнитных свойств физических объектов (ферромагнитных и др.).

Задачами освоения дисциплины являются:

- знакомство студентов с основными методиками измерения, метрологическими характеристиками и способами применения магнитоизмерительных систем для получения информации о свойствах магнитотвердых и магнитомягких материалов в статических магнитных полях;
- выработка практических навыков работы с магнитоизмерительными системами;
- подготовка обучающихся к прохождению всех видов практик, выполнению научно-исследовательской и выпускной квалификационной работы.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Магнитные измерения» относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана. Содержательно она развивает практические навыки получения информации о магнитных свойствах реальных физических объектов, изучаемых в естественнонаучном и профессиональном циклах («Магнетизм в конденсированных средах», «Процессы перемагничивания магнетиков», «Основы физического материаловедения», «Магнетизм в конденсированных средах» и пр.).

Обучающийся готовится к активной работе на практических и лабораторных занятиях в процессе освоения программы направления 03.03.03 – Радиофизика, прохождению всех видов практик, а также

выполнению научно-исследовательской работы и подготовки выпускной квалификационной работы.

4. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 36 часов, лабораторные работы 36 часов; **самостоятельная работа:** 36 часов.

5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2)	Знать: предмет исследования и возможные экспериментальные методы получения и анализа необходимой экспериментальной измерительной информации. Уметь: получать, понимать и оценивать с применением прикладных компьютерных программ степень достоверности экспериментальной информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.
способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической (ПК-1)	Знать: оборудование и приборную базу, обеспечивающую возможность получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов. Уметь: планировать и комплектовать схему измерительной системы для выполнения поставленной экспериментальной задачи. Владеть: навыками применения современного физического оборудования для решения естественнонаучных и радиофизических задач.

6. Форма промежуточного контроля - зачет в 5 семестре.

7. Язык преподавания - русский.

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

Учебная программа – наименование тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические (лабораторные) занятия	
1. Введение в технику магнитных измерений				
1. <i>Измерение физических величин:</i> Элементарные сведения об измерениях. Ошибки, виды ошибок. О точности вычислений, необходимое число измерений.	4	4		
2. <i>Средства электрических измерений (виды и характеристики):</i> Определение, метрологические характеристики, способы выражения и нормирования пределов допустимых погрешностей, эталоны, образцовые и рабочие меры.	4	2		2
3. <i>Магнитные измерения:</i> Определение. Задачи магнитных измерений. Предмет исследования. Гистерезис, параметры петли гистерезиса. Классификация магнитных материалов и методов магнитных измерений; структура построения СМИ.	8	6		2
4. <i>Способы получения магнитных полей:</i> переменные, постоянные и импульсные магнитные поля. Устройства для получения статических магнитных полей, основные правила и соотношения.	6	4		2
5. <i>Первичные преобразователи магнитных величин:</i> Определение. Классификация. Типы. Структура построения и свойства. Области применения.	6	4		2
6. <i>Магнитная цепь:</i> Определение. Применение разомкнутой магнитной цепи для измерения магнитных свойств образцов МТМ малых размеров.	6	4		2

7. <i>Гистерографы</i> : Применение неполностью замкнутой и замкнутой магнитной цепи.	4	4		
8. <i>Определение погрешности при проведении измерения магнитных величин</i> : определение исходных параметров исследуемых образцов, определение и расчет погрешностей, подготовка объектов исследования.	6	4		2
9. Импульсные магнитные поля.	2	2		
10. Особенности работы исследователей в условиях сильных магнитных полей.	2	2		
2. Получение и измерение статических магнитных полей (планирование и выполнение эксперимента)	2		2	
<u>Статические свойства магнетиков (часть 1)</u>	14		8	6
1. Измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.				
2. Изучение зависимости индукции и топографии магнитного поля соленоида от величины протекающего тока.				
3. Расчет индукции магнитного поля катушки с током, определение постоянной соленоида.				
4. Определение параметров соленоида с помощью микровеберметра Ф190.				
<u>Статические свойства магнетиков (часть 2)</u>	14		8	6
5. Градуировка (поверка) магнитоэлектрического веберметра (флюксметра).				
6. Определение зависимости величины индукции магнитного поля в межполюсном пространстве электромагнита от величины намагничивающего тока.				
7. Определение зависимости				

<p>величины индукции магнитного поля от ширины межполюсного пространства электромагнита при фиксированном значении намагничивающего тока .</p> <p>8. Определение остаточной индукции и индукции в рабочей точке постоянного магнита правильной формы.</p> <p><i>Промежуточное аттестационное занятие:</i></p> <p><u>Статические свойства магнетиков (часть 3)</u></p>	2		2	
<p>9. Использование ядерного магнитного резонанса для измерения статических магнитных полей.</p> <p><u>Статические свойства магнетиков (часть 4)</u></p>	12		6	6
<p>10. Измерение кривой размагничиваний магнитотвердого материала методом вибрационного магнитометра (определение гистерезисных свойств).</p>	14		8	6
<p>11. Определение зависимости собственного поля размагничивания от намагниченности исследуемого объекта в разомкнутой магнитной цепи.</p> <p><i>Промежуточное аттестационное занятие:</i></p>	2		2	
ИТОГО:	108	36	36	36

III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

3.1. Методические пособия по теме дисциплины;

3.2. Методические разработки (руководства по выполнению практических задач и лабораторных работ), включающие в себя:

- комплекс тем по рассматриваемым разделам дисциплины с примерами решения поставленных задач;
- рекомендации по выполнению лабораторных работ;
- рекомендации по организации самостоятельной работы студентов;

3.3. Примеры разрабатываемых практических задач.

3.3. Пример построения алгоритма выполнения разрабатываемых практических задач.

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-2 способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Промежуточный Владеть - навыками профессионального	1 - Описать порядок принятия решения при выборе формы объекта исследования при	1. Не владеет навыками профессионального мышления и компьютерными

<p>мышления, компьютерными программами для построения графиков, таблиц для выработки целостного взгляда на проблемы, возникающие при планировании и решении поставленной экспериментальной задачи.</p>	<p>составлении структурной схемы для измерения статической кривой намагничивания при измерении магнитного параметра магнитометрическим методом.</p> <p>2 - Описать алгоритм принятия решения при обосновании «замечательных соотношений и неравенств» с использованием идеальной кривой размагничивания.</p>	<p>программами при выработке целостного взгляда на проблемы, возникающие при планировании и решении проблем, возникающих в процессе выполнения поставленной физической задачи.</p> <p>2. Владеет отдельными навыками физического мышления, применения офисных программ и системного подхода при выполнении поставленной практической задачи.</p> <p>3. Удовлетворительно владеет навыками физического мышления, применения офисных программ и системного подхода при выполнении поставленной должной задачи, использует основы планирования.</p> <p>4. Хорошо владеет навыками физического мышления, применения офисных программ и системного подхода при выполнении поставленной должностной практической задачи.</p> <p>5. Свободно ориентируется в элементах системного подхода при решении проблем, возникающих в процессе планирования и решения поставленной физической задачи с применением офисных программ и научной графики.</p>
<p>Промежуточный Уметь – получать, понимать и оценивать с</p>	<p>1 - Описать алгоритм построения основной кривой намагничивания</p>	<p>1. Не умеет физически мыслить и системно решать проблемы, возникающие в</p>

<p>применением прикладных компьютерных программ степень достоверности экспериментальной информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.</p>	<p>магнитотвердого материала измеренной магнитометрическим методом. 2 - Описать алгоритм измерения кривой размагничивания (петли гистерезиса) магнитотвердого материала магнитометрическим методом.</p>	<p>процессе планирования и выполнения поставленной физической задачи. 2. Умеет пользоваться отдельными навыками физического мышления и системного подхода, не использует оргтехнику при выполнении поставленной практической задачи. 3. Умеет удовлетворительно пользоваться навыками физического мышления и системного подхода при выполнении поставленной должной задачи, использует основные офисные программы. 4. Хорошо сочетает навыки физического мышления и системного подхода и применения оргтехники при выполнении поставленной практической задачи. 5. Самостоятельно применяет системный подход, офисные программы и научную графику при решении проблем, возникающих в процессе планирования и решения поставленной физической задачи.</p>
<p>Начальный Уметь - понимать, получать и оценивать степень достоверности получаемой информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.</p>	<p>1. Какие критерии лежат в основе деления ферромагнетиков на магнитотвердые и магнитомягкие. 2. Каким классом точности должен обладать вольтметр для того, чтобы обеспечить относительную погрешность измерения напряжения $U = 80 \text{ В}$ не более $1,0\%^1$. Прибор имеет шкалу $0 \div 100 \text{ В}$. Класс точности на корпусе</p>	<p>1. Не умеет самостоятельно анализировать полученные результаты с использованием устоявшихся алгоритмов. 2. При анализе полученных результатов самостоятельно использует отрывочные знания о применении устоявшихся алгоритмов. 3. Удовлетворительно анализирует полученные</p>

¹ $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $(1,6 \cdot 10^n)$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $(3 \cdot 10^n)$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$; ($n=1, 0, -1, -2$ и т.д.)

	прибора обозначен одним числом ¹ .	<p>результаты с использованием устоявшихся алгоритмов, но не всегда может обосновать окончательный результат.</p> <p>4. Умеет самостоятельно анализировать полученные результаты с использованием устоявшихся алгоритмов.</p> <p>5. При анализе полученных результатов свободно рассматривает полученные результаты с использованием устоявшихся алгоритмов.</p>
<p>Начальный</p> <p>Знать - предмет исследования и возможные экспериментальные методы получения и анализа необходимой экспериментальной измерительной информации.</p>	<p>1. Описать алгоритм оценки величины погрешности физической величины, полученной косвенным путем на основании величин, определенных путем прямого измерения.</p> <p>2. Какую информацию о намагничивании и перемагничивании ферромагнетика можно получить из полевых зависимостей проницаемостей возрастания и убывания?</p>	<p>1. Не знает основных приемов анализа экспериментальных данных, обеспечивающих выполнение задачи с необходимой достоверностью.</p> <p>2. Знает лишь отдельные законы и алгоритмы сбора и обработки экспериментальных данных позволяющих выполнение задачи с необходимой достоверностью.</p> <p>3. Удовлетворительно знает основные законы и алгоритмы сбора и обработки экспериментальных данных позволяющих выполнение задачи с необходимой достоверностью.</p> <p>4. Хорошо знает основные законы и алгоритмы получения экспериментальных данных, обеспечивающих выполнение задачи с необходимой достоверностью.</p> <p>5. Исчерпывающе владеет знаниями основных законов и алгоритмов получения</p>

		экспериментальных данных, обеспечивающих выполнение задачи с необходимой достоверностью.
--	--	--

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>Начальный</p> <p>Уметь – используя стандартные решения формировать схему измерительной системы для выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p>	<p>1. Описать порядок принятия решения, при выборе способа создания намагничивающего поля (источника магнитного поля), используемого в схеме для измерения динамической кривой намагничивания магнитометрическим методом.</p> <p>2. Проанализировать и объяснить, почему происходит изменение формы кривых намагничивания и размагничивания измеренных в разомкнутой магнитной цепи при изменении величины коэффициента размагничивания объекта исследования.</p>	<p>1. Не анализирует ход проведения эксперимента при составлении алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p> <p>2. Использует лишь ограниченные знания в области построения эксперимента при составлении алгоритма выполнения экспериментальной задачи.</p> <p>3. Удовлетворительно использует знания построения эксперимента при составлении алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p> <p>4. Умеет хорошо использовать знания построения эксперимента, но допускает ошибки при составлении алгоритма выполнения экспериментальной задачи.</p> <p>5. Свободно владеет знаниями проведения эксперимента и методами составления алгоритмов выполнения поставленной</p>

		экспериментальной задачи.
<p>Начальный</p> <p>Знать - оборудование и приборную базу, обеспечивающую возможность получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.</p>	<p>1. Какие средства магнитных измерений используются при измерении кривых намагничивания, размагничивания и возврата ферромагнитных материалов.</p> <p>2. В каких случаях и для чего при исследовании магнитных свойств ферромагнетиков применяется магнитная подготовка.</p>	<p>1. Не знает технические устройства, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.</p> <p>2. Имеет отрывочные сведения о существовании технических устройств, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.</p> <p>3. Удовлетворительно знает основные технические устройства, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов, допускает отдельные ошибки.</p> <p>4. Хорошо знает основные технические устройства, для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.</p> <p>5. Свободно ориентируется в наборе технических средств для получения информации о магнитных свойствах исследуемых объектов.</p>
Заключительный	1. Замкнутая магнитная цепь.	1. Не владеет навыками

<p>Владеть - навыками применения современного физического оборудования для решения естественнонаучных и радиофизических задач.</p>	<p>Определить диаметр полюсных наконечников D электромагнита, необходимых для измерения магнитных свойств кубического образца с длиной ребра $l = 10$ мм.</p> <p>2. Описать алгоритм размагничивания образца обратным полем. Описание начать с приведения размагничиваемого образца в исходное состояние.</p>	<p>применения современного физического оборудования для решения поставленных задач.</p> <p>2. Имеет отдельные представления о возможности использования современного физического оборудования.</p> <p>3. Удовлетворительно владеет основными навыками применения современного физического оборудования, допускает отдельные ошибки.</p> <p>4. Хорошо владеет основными навыками применения современного физического оборудования для решения поставленных задач.</p> <p>5. Свободно владеет навыками применения современного физического оборудования для решения естественнонаучных задач.</p>
<p>Заключительный</p> <p>Уметь – на основе анализа поставленной практической задачи формировать и комплектовать схему измерительной системы для достижения поставленной цели.</p>	<p>1. Описать порядок принятия решения о выборе формы объекта исследования при построении структурной схемы для измерения статической петли гистерезиса ферромагнетика магнитометрическим методом.</p> <p>2. Описать алгоритм определения собственного поля размагничивания объекта исследования по измеренным кривым намагничивания исследуемого и исходного («бесконечного») образцов.</p>	<p>1. Умеет составлять алгоритм выполнения поставленной экспериментальной задачи</p> <p>2. Имеет отдельные представления о составлении алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p> <p>3. Удовлетворительно владеет основными навыками составления алгоритма выполнения поставленной экспериментальной задачи</p> <p>4. Хорошо владеет навыками составления алгоритмов выполнения поставленной экспериментальной задачи.</p>

		5. Свободно владеет навыками составления алгоритмов выполнения поставленной экспериментальной задачи
--	--	--

V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Зайдель. А.Н. Ошибки измерений физических величин: учебное пособие. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2009 (Архангельск). - 106 с. Электронный ресурс. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=146
2. Боровик Е. С. Лекции по магнетизму. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475>

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Внутренние информационные ресурсы:

Научная библиотека ТвГУ – <http://library.tversu.ru>;

Сервер доступа к модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде Moodle – <http://moodle.tversu.ru>;

Сервер обеспечения дистанционного обучения и проведения Web-конференций Mirapolis Virtual Room – <http://mvr.tversu.ru>;

Репозиторий научных публикаций ТвГУ – <http://eprints.tversu.ru>.

Внешние информационные ресурсы:

Научная электронная библиотека eLibrary.ru;

Электронная база данных диссертаций РГБ;

База данных Реферативных журналов ВИНТИ;

Полнотекстовый доступ к журналам AIP (Американский институт физики);

Полнотекстовый доступ к журналам и книгам издательства Springer Verlag;

Полнотекстовый доступ к отдельным журналам и книгам Института инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers);

Реферативная база Inspec (доступ к рефератам и полным текстам монографий и научных статей в области физики, электротехники, электроники, коммуникаций, компьютерных наук и информационных технологий).

Лицензионное программное обеспечение:

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

7.1. Перечень лабораторных работ.

1. Лабораторная работа №1: Измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.
2. Лабораторная работа №2: Изучение зависимости индукции и топографии магнитного поля соленоида от величины протекающего тока.
3. Лабораторная работа №3: Расчет индукции магнитного поля катушки с током, определение постоянной соленоида.
4. Лабораторная работа №4. Градуировка (поверка) магнитоэлектрического веберметра (флюксметра)*.
5. Лабораторная работа №5. Определение зависимости величины индукции магнитного поля в межполюсном пространстве электромагнита от величины намагничивающего тока.
6. Лабораторная работа №6. Определение зависимости величины индукции магнитного поля от ширины межполюсного пространства электромагнита при фиксированном значении намагничивающего тока .
7. Лабораторная работа №7. Определение остаточной индукции и индукции в рабочей точке постоянного магнита правильной формы.
8. Лабораторная работа №8. Определение параметров соленоида с помощью микровеберметра Ф190.
9. Лабораторная работа №9. Использование ядерного магнитного резонанса для измерения статических магнитных полей.
10. Лабораторная работа №10. Измерение кривой размагничиваний магнитотвердого материала методом вибрационного магнитометра (определение гистерезисных свойств).

* Задания со звездочкой выполняются по требованию преподавателя.

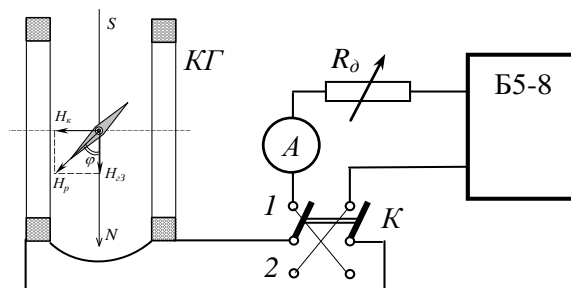


Рис. 1. Схема измерительного устройства

11. Лабораторная работа №11. Определение зависимости собственного поля размагничивания от намагниченности исследуемого объекта в разомкнутой магнитной цепи.

7.2. Примеры выполнения лабораторных работ

1. Лабораторная работа №1

Измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

Цель работы: практическое освоение магнитометрического метода для измерения постоянного магнитного поля до 1 Э (79,6 А/м) - горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

Используемые приборы и оборудование: Магнитометрический измерительный механизм, состоящий из колец Гельмгольца ($y_1=8,9$ см, $y_2=10$ см, $y_{cp}=9,45$ см, $x_1=0,55$ см, $ab=ac=1,1$ см, $w=225$ – одного кольца), магнитной стрелки и подставки с лимбом²; источник постоянного тока Б5-8, добавочное сопротивление - магазин сопротивлений Р33 с общим сопротивлением 99999,9 Ом, миллиамперметр, ключ - коммутатор.

Задание 1.

Измерение проводится путем сравнения измеряемого магнитного поля (горизонтальной составляющей магнитного поля Земли) и магнитного поля колец Гельмгольца. При отклонении магнитной стрелки на 45° считается, что поле колец Гельмгольца равно по величине измеряемому магнитному полю (рис. 1).

Значение поля H_k в центре катушек Гельмгольца находится из

² На подставке нанесена круговая шкала с ценой деления 5° и две перпендикулярные оси, делящие шкалу на 4 сектора с углами при вершинах 90° .

выражения (1), значение тока I находится экспериментально

$$H_{\kappa} = 0,89918 \frac{wI}{y_{cp}} \left(1 - \frac{(ac)^2}{15y_{cp}^2} \right) \quad (1)$$

Задание 2.

Как правило, ось катушек Гельмгольца довольно трудно расположить точно перпендикулярно направлению север-юг. Однако величину H_{z3} можно определить без точной ориентировки катушек Гельмгольца используя соотношение

$$H_{z3} = H_{\kappa} \frac{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)}{\sqrt{\sin^2 \varphi_1 + \sin^2 \varphi_2 - 2 \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2)}}, \quad (2)$$

здесь углы φ_1 и φ_2 – отклонение от начального положения стрелки прямого и обратного направлений тока выбранной величины, протекающего в катушках Гельмгольца (рис. 5³).

Второе задание выполняется также с использованием измерительной схемы (рис. 1).

Примечание: значения токов I_1 и I_2 , а также углов φ_1 , φ_2 , φ_1^2 и φ_2^2 при

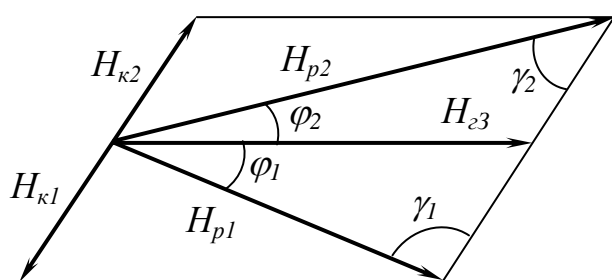


Рис. 5.

использовании 1-го и 2-го способов измерения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли находятся как средние значения из не менее чем 5-и независимых измерений.

7.3. Примеры заданий для промежуточной аттестации

успеваемости

7.3.1. Типовые задания для оценивания результатов сформированности компетенции ОПК-2.

Категория знать:

³ Нумерация рисунка сохраняется такой же, как и в описании лабораторных работ.

- Магнитные измерения: определение, задачи, предмет исследования (обосновать на примерах).
- Магнитный гистерезис. Петля гистерезиса, параметры петли гистерезиса (определения).

Категория уметь:

- Когда выполняется равенство $H_{cl} = H_{cB}$ (обосновать графически).
- Рассчитать абсолютную (Δ) и относительную (δ) ошибки определения теоретического предела максимального энергетического произведения $(B \cdot H)_{\max}^t = \frac{B_r^2}{4}$, если остаточная индукция постоянного магнита $B_r = (11,00 \pm 0,35)$ кГс.

Ошибка измерения определяется систематическими погрешностями.

7.3.2. Типовые задания для оценивания результатов сформированности компетенции ПК-1.

Категория знать:

- Почему коэрцитивная сила по намагниченности H_{cl} может быть определена как из кривой размагничивания в координатах «намагниченность внешнее поле» $I(H_e)$, так и из кривой размагничивания в координатах «намагниченность внутреннее поле» $I(H_i)$. Ответ обосновать на примере.
- Описать структуру построения электромагнитов, работающих в условиях насыщения элементов концентрации магнитного потока в межполюсном пространстве.

Категория уметь:

- Когда выполняется равенство $H_{cl} = H_{cB}$ (обосновать графически).
- Рассчитать абсолютную (Δ) и относительную (δ) ошибки определения теоретического предела максимального энергетического произведения $(B \cdot H)_{\max}^t = \frac{B_r^2}{4}$, если остаточная индукция постоянного магнита $B_r = (11,00 \pm 0,35)$ кГс.

Ошибка измерения определяется систематическими погрешностями.

Категория владеть:

- Описать алгоритм измерения петли возврата. Описание начать с приведения исследуемого образца в исходное состояние.

- Перечислить и проанализировать причины получения и величины ошибок при индукции объектов исследования в замкнутой магнитной цепи. Проанализировать геометрические размеры исследуемого образца и измерительной катушки.

7.4. Требования к рейтинг-контролю.

Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.

- полусеместровая и семестровая аттестации 40 баллов (две контрольных работы по 20 баллов);
- два бонусных задания 10 баллов (по 5 баллов каждый);
- 10 баллов за работу на занятиях в семестре;
- 40 баллов за выполнение всех лабораторных работ (4 балла за задание).

Все баллы, полученные в течение семестра, суммируются. Задания по лабораторным работам должны быть выполнены полностью.

В соответствии с Положением о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ:

Студенту, набравшему 50 баллов и выше по итогам работы в семестре, в экзаменационной ведомости и зачетной книжке выставляется оценка «зачтено».

Студент, набравший от 20 до 49 баллов включительно, сдает зачет в последнюю неделю семестра по данной дисциплине. Баллы, полученные на зачете, проставляются в ведомости.

Студенту, набравшему в течение семестра меньше 20 баллов, в экзаменационной ведомости выставляется оценка «незачтено». Данному студенту разрешается передача зачета по направлению деканата на последней неделе семестра.

7.5. Примерные вопросы для полусеместровой рейтинговой аттестации

Термины и определения:

1. Магнитные измерения: определение, измеряемые величины (показать на примерах).

2. Магнитный гистерезис. Петля гистерезиса, параметры петли гистерезиса (определения).
3. Магнитный гистерезис. Кривая намагничивания, параметры кривой намагничивания (определения).
4. Петля гистерезиса, сходство и отличие петель гистерезиса построенных в координатах $I(H)$ и $B(H)$ (показать на примере).
5. Петля гистерезиса (определение). Параметры петли гистерезиса, построенной в координатах $B(H)$.

Параметры петли гистерезиса:

1. Петля гистерезиса. Справедливо ли выражение $H_{cI} \geq H_{cB}$ (обосновать схематически).
2. Петля гистерезиса. Когда выполняется равенство $H_{cI} = H_{cB}$ (показать схематически).
3. Справедливо ли неравенство (численно) $H_{cB} \leq B_r$ (обосновать на примере).
4. Почему теоретический предел максимального энергетического произведения равен $\frac{B_r^2}{4}$ (обосновать)?
5. Какое минимальное значение должна иметь H_{cI} чтобы выполнялось равенство между реальным значением и теоретическим пределом максимального энергетического произведения.

Электромагниты, магнитные цепи:

1. Описать структуру построения электромагнитов, работающих в условиях ненасыщенного и насыщенного магнитопровода.
2. Электромагниты. Магнитопроводы замкнутого типа (способы построения и области применения).
3. Электромагниты. Магнитопроводы разомкнутого типа (устройство и область применения).
4. Электромагниты. Классификация по габаритам и соотношению между медью и железом.

5. Классификация магнитных цепей (основной классификационный признак, пример).

Примеры графические задач:

1. Построить зависимость $B(H)$ при перемагничивании исследуемого образца по замкнутому циклу. Определить сдвиг фазы между зависимостями $B(t)$ и $H(t)$.

7.6. Примерные вопросы для семестровой рейтинговой аттестации.

Термины и определения:

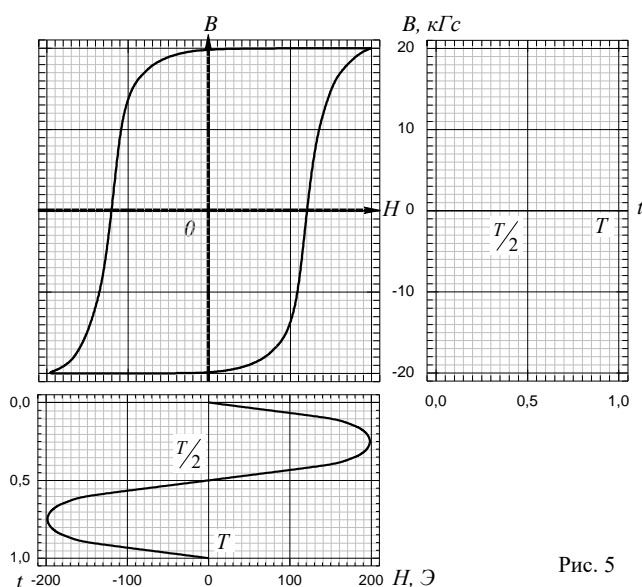


Рис. 5

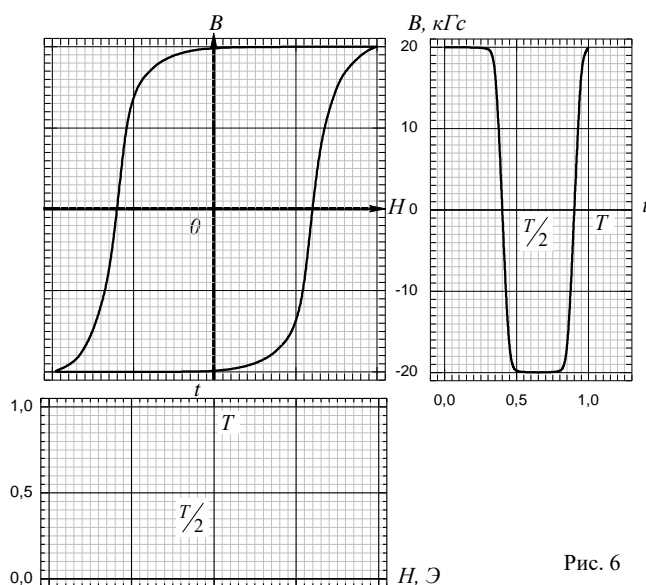


Рис. 6

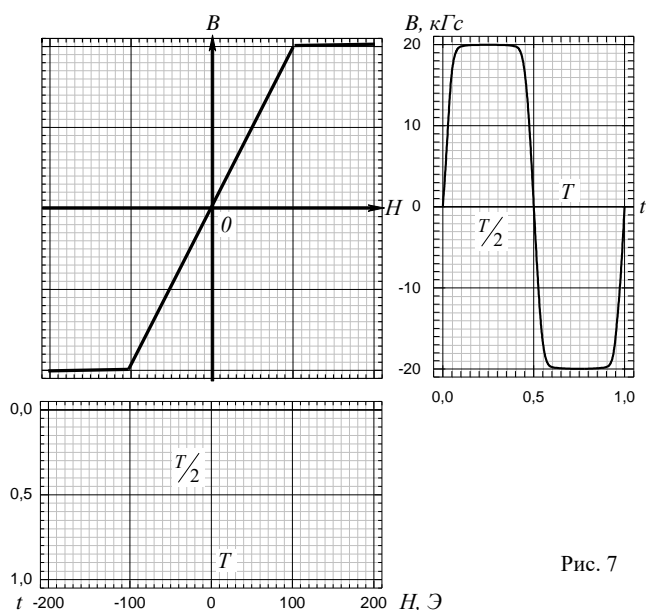


Рис. 7

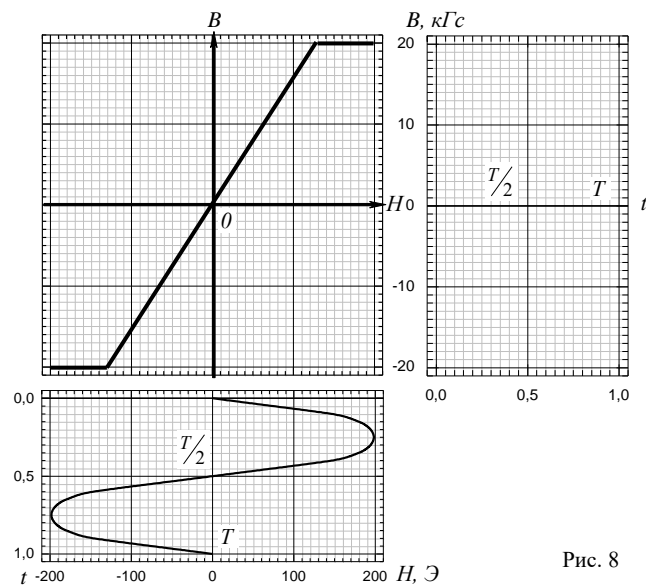


Рис. 8

1. Удельная намагниченность (определение, единицы измерения).
2. Намагниченность (определение, единицы измерения).
3. Максимальная магнитная проницаемость (определение, способ измерения и расчета). Показать на примере.
4. Коэффициент возврата (определение, способ измерения и расчета). Показать на примере.
5. Коэффициент прямоугольности петли гистерезиса для магнитотвердых материалов (определение, формула для расчета, физический смысл).

Вопросы практики магнитных измерений:

1. Описать алгоритм измерения петли гистерезиса. Описание начать с приведения исследуемого образца в исходное состояние. Обратит внимание на свои действия в области нулевого значения магнитного параметра.
2. Описать алгоритм измерения семейства частных петель гистерезиса при изменении перемагничивающего поля с возрастающей амплитудой. Описание начать с приведения исследуемого образца в исходное состояние.
3. Описать алгоритм измерения кривой намагничивания. Описание начать с приведения исследуемого образца в исходное состояние.
4. Описать алгоритм измерения кривой размагничивания. Описание начать с приведения исследуемого образца в исходное состояние. Обратит внимание на свои действия в области нулевого значения магнитного параметра.
5. Описать алгоритм измерения кривой возврата. Описание начать с приведения исследуемого образца в исходное состояние.

Техника магнитных измерений:

1. Перечислить магнитные параметры, характеризующие магнитный материал.
2. Перечислить магнитные параметры, характеризующие образец конечных размеров.

3. Определение удельной намагниченности исследуемых объектов. Расположение преобразователей относительно образца и направления перемещающегося поля.
4. Определение намагниченности исследуемых объектов. Расположение преобразователей относительно образца и направления перемещающегося поля.
5. Определение индукции исследуемых объектов. Расположение преобразователей относительно образца и направления перемещающегося поля.

VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Преподавание учебной дисциплины «Актуальные проблемы магнетизма» строится на сочетании классических и проблемно-практических лекций, на которых в форме дискуссии рассматриваются элементы программы курса, требующие конкретного решения для предложенных граничных условий в алгоритме решения предложенной задачи. Практические навыки выполнения экспериментальных задач приобретаются в процессе выполнения лабораторных работ. В процессе двусторонней деятельности формируются умения логически мыслить, и применять физические законы для решения конкретных практических проблем, понимать смысл универсальности проявления законов природы. При необходимости, рассмотрение и решение практических задач ведется с применением офисных, графических и научно-графических программ поименованных в разделе VI настоящей рабочей программы дисциплины.

Степень освоения рассматриваемого материала определяется в периоды полусеместровой и семестровой рейтинговой аттестации при проведении тестирования и самостоятельной письменной работы.

Удельный вес занятий лекционного типа от общего объема часов составляет 33%, на самостоятельную работу - 33% от общего числа часов.

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебно-научная лаборатория магнитных и электрических измерений №40 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вольтметр В7-78/1 2. Экран настенный ScreenMedia 153*203 3. Контроллер GPIB-USB-HS 778927-01 4. Сканер для вольтметра В7-78/1 5. Сканер для вольтметра В7-78/1 6. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830 7. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830 8. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5" 9. Установка "Мишень" 10. Системный блок P4 1.6 512/ASUS P4B266/DDR2*512/80Gb ST380021A(2ШТ)+клавиатура+мышь 11. Переносной комплект мультимедийной техники 	<p>Google Chrome – бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p> <p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и	<ol style="list-style-type: none"> 1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS- 	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно</p> <p>Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009</p> <p>Google Chrome - бесплатно</p> <p>Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p>

<p>индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели</p>	<p>Lazarus 1.4.0 - бесплатно Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Express Studio 4 - бесплатно MiKTeX 2.9 - бесплатно MPICH 64-bit – бесплатно MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>
--	--	--

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» и «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г