

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горно-Алтайский государственный университет»
(ФГБОУ ВО ГАГУ, ГАГУ, Горно-Алтайский государственный университет)

Магнитные измерения

рабочая программа дисциплины (модуля)

| | |
|------------------------|---|
| Закреплена за кафедрой | кафедра математики, физики и информатики |
| Учебный план | 03.03.02_2024_614.plx 03.03.02 Физика Цифровые технологии в альтернативной энергетике |
| Квалификация | бакалавр |
| Форма обучения | очная |
| Общая трудоемкость | 3 ЗЕТ |

| | | |
|-------------------------|------|----------------------------|
| Часов по учебному плану | 108 | Виды контроля в семестрах: |
| в том числе: | | зачеты 7 |
| аудиторные занятия | 82 | |
| самостоятельная работа | 15,1 | |
| часов на контроль | 8,85 | |

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 7 (4.1) | | Итого | |
|---|---------|-------|-------|-------|
| | уп | рп | уп | рп |
| Неделя | 16 1/6 | | | |
| Вид занятий | уп | рп | уп | рп |
| Лекции | 38 | 38 | 38 | 38 |
| Лабораторные | 44 | 44 | 44 | 44 |
| Консультации (для студента) | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 |
| Контроль самостоятельной работы при проведении аттестации | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Итого ауд. | 82 | 82 | 82 | 82 |
| Контактная работа | 84,05 | 84,05 | 84,05 | 84,05 |
| Сам. работа | 15,1 | 15,1 | 15,1 | 15,1 |
| Часы на контроль | 8,85 | 8,85 | 8,85 | 8,85 |
| Итого | 108 | 108 | 108 | 108 |

Программу составил(и):

Старший преподаватель, Николаева Е.Г.

Рабочая программа дисциплины

Магнитные измерения

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 891)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 Физика

утвержденного учёным советом вуза от 01.02.2024 протокол № 2.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

кафедра математики, физики и информатики

Протокол от 11.04.2024 протокол № 8

Зав. кафедрой и.о. зав.кафедрой Богданова Р.А.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от _____ 2025 г. № ____
Зав. кафедрой и.о. зав.кафедрой Богданова Р.А.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от _____ 2026 г. № ____
Зав. кафедрой и.о. зав.кафедрой Богданова Р.А.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от _____ 2027 г. № ____
Зав. кафедрой и.о. зав.кафедрой Богданова Р.А.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от _____ 2028 г. № ____
Зав. кафедрой и.о. зав.кафедрой Богданова Р.А.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| | |
|-----|--|
| 1.1 | <i>Цели:</i> Подготовка компетентного специалиста в области магнитных измерений. |
| 1.2 | <i>Задачи:</i> Получение студентами знаний о способах измерения магнитных полей, а также приобретение умений и навыков магнитометрии полей. Задачи дисциплины: получение студентами знаний о способах измерения магнитных свойств материалов, а также приобретение умений и навыков магнитометрии материалов. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

| | |
|--------------------|--|
| Цикл (раздел) ООП: | Б1.В.ДВ.04 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: |
| 2.1.1 | Элементарная физика |
| 2.1.2 | Основы электротехники |
| 2.1.3 | Механика |
| 2.1.4 | Электроснабжение |
| 2.1.5 | Электричество и магнетизм |
| 2.1.6 | Математика |
| 2.1.7 | Электродинамика |
| 2.1.8 | Электрические машины |
| 2.2 | Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: |
| 2.2.1 | Методы физических измерений |
| 2.2.2 | Электромагнитная экология и электромагнитная совместимость |

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| |
|---|
| ПК-3: Способен преподавать физико-технические дисциплины в общеобразовательных организациях с использованием технологий, отражающих специфику предметной области |
| ИД-1.ПК-3: Обладает фундаментальными знаниями по физико-математическим и техническим дисциплинам |
| Обладает методами расчёта и экспериментального измерения магнитометрических величин. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Компетенции | Литература | Инте ракт. | Примечание |
|-------------|---|----------------|-------|-------------|------------|------------|------------|
| | Раздел 1. Тематика лекций | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|--|---|----|-----------|--------------------------|---|--|
| 1.1 | <p>Часть 1 МАГНИТОМЕТРИЯ ПОЛЕЙ</p> <p>1. Магнитное поле в вакууме, его характеристики. Магнитометр Био и Савара; закон Био и Савара. Силовые линии. Расчёт полей кольцевого и прямого тока; вид силовых линий этих полей. Магнитный момент замкнутого тока.</p> <p>Сила Ампера. Поведение прямого и кольцевого тока в однородном поле; особенности измерения магнитного поля такими способами. Замкнутый ток в неоднородном поле; особенности измерения магнитного поля этим способом.</p> <p>2. Закон полного тока. Расчёт поля тонкого и толстого тороида, длинного и ограниченного однослойного соленоида, листа с током, цилиндрического провода; вид силовых линий этих полей. Магнитное поле в веществе, его характеристики.</p> <p>3. Магнетики; характеристики магнетиков. Сильные и слабые, линейные и нелинейные, изотропные и анизотропные магнетики. Расчёт намагниченности, индукции и напряжённости поля длинного цилиндра из однородного линейного изотропного магнетика, помещённого в вакууме в однородное поле, параллельное оси цилиндра. Размагничивающий фактор. Основные виды и свойства слабых магнетиков.</p> <p>4. Основные виды и свойства сильных магнетиков. Основная кривая намагничивания (ОКН) и предельная петля гистерезиса (ППГ) ферромагнетика; остаточная индукция (намагниченность) и коэрцитивная сила. Частные петли гистерезиса (ЧПГ).</p> <p>Магнитный поток. Расчёт потока ферромагнитного тонкого тороида. Магнитодвижущая сила; магнитное сопротивление. Формула Гопкинсона. Разветвлённые магнитные цепи; их расчёт.</p> <p>5. Методы и устройства получения магнитных полей: токовые катушки, соленоиды, тороиды, провода с током, приставные и стационарные электромагниты, постоянные магниты, кольца Гельмгольца. Особенности применения, конструкция, расчёт поля. Способы получения сильных полей. Эталонные, образцовые и рабочие меры магнитных величин.</p> <p>Меры напряжённости: кольца Гельмгольца; катушки Максвелла; одно- и многослойные соленоиды.. Измерительные катушки: особенности применения, конструкция, расчёт. Потенциалметры. Пояс Роговского. Меры магнитного потока: особенности применения, конструкция. Катушки Кемпбелла. Меры магнитного момента.</p> | 7 | 20 | ИД-1.ПК-3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | 0 | <p>Перечень важнейших понятий, выделенных для заучивания (гlossарий) к зачету. Вопросы теоретического собеседования лабораторных работ. Отрабатываемые в лаборатории экспериментальные умения.</p> |
|-----|--|---|----|-----------|--------------------------|---|--|

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| <p>6. Баллистический гальванометр: особенности применения, конструкция, характеристики. Баллистический метод измерения напряжённости магнитных полей. Схема и особенности баллистической установки. Веберметры.</p> <p>Магнитометры. Астатический магнитометр: особенности применения, конструкция. Тесламетры с датчиком Холла: принцип действия, особенности применения, конструкция. Способы увеличения точности и чувствительности магнитометров с датчиком Холла.</p> <p>7. Магнитометры на эффекте Гаусса: принцип действия, особенности применения, конструкция. Индукционные тесламетры; особенности применения для измерения постоянных и переменных полей. Вибрационные тесламетры. Магнитные индукционные головки.</p> <p>8. Феррозондовые тесламетры: принцип действия, особенности применения, конструкция. Полемерная и градиентометрическая схемы включения.</p> <p>Полупроводниковые датчики магнитного поля. СКВИД-магнитометры: принцип действия, особенности применения, конструкция. Магнитометры на ЭПР и ЯМР: принцип действия, особенности применения, конструкция.</p> <p>/Лек/</p> | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|-----|--|---|----|-----------|--------------------------|---|--|
| 1.2 | <p>Часть 2 МАГНИТОМЕТРИЯ МАТЕРИАЛОВ 1. Классификация магнитных материалов (ММ) и роль в жизни человечества. Основные характеристики ММ в постоянных полях: основная кривая намагничивания (ОКН); 5 её участков; определение магнитных проницаемостей и восприимчивостей. Основные характеристики ММ в постоянных полях: предельная петля гистерезиса ППГ; частные петли ЧППГ; коэффициенты формы петли. Способы размагничивания. Магнитная анизотропия; магнитная текстура. Определение энергии намагниченного тела. Магнитострикция и её характеристики.</p> <p>2. Основные характеристики ММ в переменных полях: динамическая магнитная петля ДМП; магнитные проницаемости. Описание потерь. Характеристики при импульсном намагничивании. Определение свойств СВЧ-ферритов; ферромагнитный резонанс. Оптические и электрические свойства ММ.</p> <p>3. Образцы для испытаний в постоянных полях. Намагничивающие устройства для испытаний в постоянных полях: проводник с током; кольцевая обмотка; соленоид; электромагнит. Аппарат Эпштейна, пермеаметры Гопкинсона, Бурровса и Фэхи.</p> <p>4. Пермеаметры Кепселя и Неймана; пермеаметр с двойным симметричным ярмом.</p> <p>Баллистический метод снятия ОКН и ППГ на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.</p> <p>5. Определение свойств кольцевых магнитомягких материалов МММ. Определение свойств МММ в пермеаметрах. Дифференциальный баллистический метод. Определение свойств магнитножестких материалов МЖМ. Определение свойств особо жестких МЖМ. Трудности и пути совершенствования баллистического метода.</p> <p>6. Определение внутреннего поля образца в разомкнутой магнитной цепи. Методы определения коэрцитивной силы в разомкнутой магнитной цепи. Методы определения свойств слабомагнитных материалов.</p> <p>7. Методы определения свойств диа- и парамагнетиков. Построение ДМП и ОКН в переменных полях с помощью вольтметров.</p> <p>8. Мостовые и потенциометрические методы определения свойств ММ в переменных полях. Резонансные и осциллографические методы определения свойств ММ в переменных полях. Методы</p> | 7 | 18 | ИД-1.ПК-3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | 0 | <p>Перечень важнейших понятий, выделенных для заучивания (гlossарий) к зачету. Вопросы теоретического собеседования лабораторных работ. Отрабатываемые в лаборатории экспериментальные умения.</p> |
|-----|--|---|----|-----------|--------------------------|---|--|

| | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|
| | определения потерь в ММ в переменных полях. /Лек/ | | | | | | |
| | Раздел 2. Лабораторные работы | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|--|---|----|-----------|--------------------------|---|--|
| 2.1 | <p>ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РАЗДЕЛ 1 МАГНИТОМЕТРИЯ ПОЛЕЙ (1 цикл, 5 работ)</p> <p>Лабораторная работа № 1. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ</p> <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ 1. Методы и устройства получения магнитных полей: приставные и стационарные электромагниты, постоянные магниты, кольца Гельмгольца. Особенности применения, конструкция, расчёт поля. Способы получения сильных полей. 2. Баллистический метод измерения напряжённости магнитных полей. Схема и особенности баллистической установки. Веберметры.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ а) Определить постоянную баллистической установки по индукции с разными катушками. б) С помощью баллистической установки найти величину поля в разных точках вблизи постоянного магнита (электромагнита).</p> <p>Лабораторная работа № 2.</p> <p>ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДАТЧИКОМ ХОЛЛА</p> <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ 1. Меры напряжённости магнитного поля: кольца Гельмгольца; катушки Максвелла; одно- и многослойные соленоиды. 2. Тесламетры с датчиком Холла: принцип действия, особенности применения, конструкция. Способы увеличения точности и чувствительности магнитометров с датчиком Холла.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ а) Снять градуировочную характеристику датчика Холла для разных токов возбуждения и температуры. б) С помощью датчика Холла построить градуировочные зависимости для лабораторного электромагнита.</p> <p>Лабораторная работа № 3.</p> <p>ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКЦИОННЫМ ТЕСЛАМЕТРОМ</p> | 7 | 44 | ИД-1.ПК-3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | 0 | <p>Перечень важнейших понятий, выделенных для заучивания (гlossарий) к зачету. Вопросы теоретического собеседования лабораторных работ. Отрабатываемые в лаборатории экспериментальные умения. Добавочные практические задачи.</p> |
|-----|--|---|----|-----------|--------------------------|---|--|

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ</p> <p>1. Измерительные катушки: особенности применения, конструкция, расчёт константы. Потенциалметры. Пояс Роговского.</p> <p>2. Индукционные тесламетры; особенности применения для измерения постоянных и переменных полей. Вибрационные тесламетры. Магнитные индукционные головки.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ</p> <p>а) Снять градуировочные характеристики индукционных датчиков для разного числа оборотов.</p> <p>б) С помощью индукционных датчиков найти величину поля в разных точках вблизи постоянного магнита (электромагнита).</p> <p>Лабораторная работа № 4</p> <p>ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ФЕРРОЗОНДАМИ</p> <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ</p> <p>1. Магнитное поле в вакууме, его характеристики. Магнитометр Био и Савара; закон Био и Савара. Силовые линии. Расчёт полей кольцевого и прямого тока; вид силовых линий этих полей. Магнитный момент замкнутого тока.</p> <p>2. Феррозондовые тесламетры: принцип действия, особенности применения, конструкция. Полемерная и градиентометрическая схемы включения.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ</p> <p>а) Снять градуировочные характеристики феррозонда.</p> <p>б) С помощью феррозонда найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории.</p> <p>Лабораторная работа № 5</p> <p>ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ГРАДУИРОВКА ФЕРРОЗОНДА</p> <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ</p> <p>1. Сила Ампера. Поведение прямого и кольцевого тока в однородном поле; особенности измерения магнитного поля такими способами. Поведение замкнутого тока в неоднородном поле; особенности измерения магнитного поля этим способом.</p> <p>2. Методы и устройства получения магнитных полей: токовые катушки, соленоиды, тороиды, провода с током. Особенности применения,</p> | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|
| <p>конструкция, расчёт поля.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ</p> <p>а) Изготовить феррозонд-полемер и снять его градуировочные характеристики</p> <p>б) С помощью феррозонда найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории</p> <p style="text-align: center;">Раздел 2.</p> <p>МАГНИТОМЕТРИЯ МАТЕРИАЛОВ (2-й цикл. 4 работы)</p> <p>Лабораторная работа № 1 ИСПЫТАНИЕ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ В ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ</p> <p>1. Основные характеристики ММ в постоянных полях: основная кривая намагничивания (ОКН) в замкнутой и разомкнутой цепи; 5 её участков; определение магнитных проницаемостей и восприимчивостей.</p> <p>2. Баллистический метод снятия ОКН на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.</p> <p>3. Баллистический метод снятия предельной петли гистерезиса (ППГ) на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ</p> <p>а) Баллистическим методом снять ОКН на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.</p> <p>б) Баллистическим методом снять ППГ на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.</p> <p>Лабораторная работа № 2. ИСПЫТАНИЕ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ В РАЗОМКНУТОЙ ЦЕПИ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ</p> <p>1. Расчёт намагниченности, индукции и напряжённости поля длинного цилиндра из однородного линейного изотропного магнетика, помещённого в вакууме в однородное поле, параллельное оси цилиндра. Размагничивающий фактор.</p> <p>2. Определение внутреннего поля образца в разомкнутой магнитной цепи.</p> <p>3. Методы определения коэрцитивной силы в разомкнутой магнитной цепи.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ</p> <p>В разомкнутой магнитной цепи найти:</p> <p>а) внутреннее поле образца. б) коэрцитивную силу образца.</p> | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>Лабораторная работа № 3.</p> <p>ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ СЛАБОМАГНИТНЫХ ВЕЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ГУИ</p> <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ 1. Магнитное поле в веществе, его характеристики. Магнетики; характеристики магнетиков. Сильные и слабые, однородные и неоднородные, линейные и нелинейные, изотропные и анизотропные магнетики. Основные виды и свойства слабых магнетиков. 2. Методы определения свойств слабомагнитных материалов. 3. Методы определения свойств диа- и парамагнетиков.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ Определить удельную восприимчивость диа- или парамагнетика.</p> <p>Лабораторная работа № 4.</p> <p>ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ В ПЕРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ</p> <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ 1. Основные характеристики ММ в переменных полях: описание потерь; характеристики при импульсном намагничивании; определение свойств СВЧ-ферритов. 2. Резонансные и осциллографические методы определения свойств ММ в переменных полях. 3. Методы определения потерь в ММ в переменных полях.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ а) Определить константы осциллографа по осям X и Y. б) Получить на экране осциллографа ДМП.</p> <p>Лабораторная работа № 5. (запасная)</p> <p>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАГНЕТИКОВ С ПОМОЩЬЮ МОСТИКА МАКСВЕЛЛА</p> <p>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ 1. Мостовые и потенциометрические методы определения свойств ММ в переменных полях.</p> <p>ОТРАБАТЫВАЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УМЕНИЯ а) Рассчитать проницаемости образца в переменных полях.</p> | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|
| | /Лаб/ | | | | | | |
| | Раздел 3. Самостоятельная работа | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|--|---|------|-----------|--------------------------|---|--|
| 3.1 | <p>УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ</p> <p>Проведение лабораторных занятий. Каждое занятие занимает 4 часа и требует самостоятельной работы в объёме 12 часов. Время самостоятельной работы тратится на подготовку к собеседованию по теории и к измерениям.</p> <p>Занятия по магнитным измерениям идут в специализированной лаборатории. Каждое занятие идёт 4 часа;</p> <p>работы выполняются бригадами из 1-2 человек. Этого требуют как правила техники безопасности, так и необходимость приобретения каждым студентом экспериментальных умений и навыков. Форма организации занятий - только цикловая. Разбивку по бригадам и порядок прохождения работ в цикле определяет преподаватель на первом занятии (или до него). Тематика работ, изучаемые в них теоретические вопросы и отрабатываемые экспериментальные умения указаны ниже.</p> <p>При подготовке к работе нужно проработать лекционный материал и подготовиться к теоретическому собеседованию. Оно начинается с бригады, выполняющей работу с наименьшим номером (например, № 1). Пока эти студенты готовятся и сдают теорию, остальные приступают к измерениям. Пройдя собеседование, студенты с работы № 1 начинают измерения, а с работы № 2 прерывают их и сдают теорию. Затем сдают работы № 3, № 4 и т.д. Студенты, не готовые к собеседованию, к измерениям не допускаются или с них снимаются.</p> <p>При подготовке к теоретическому собеседованию дома готовятся ответы на все вопросы данной работы, но отвечать каждый студент будет лишь часть их, указанную преподавателем. При подготовке к ответу можно использовать любые источники, но при ответе нужно показать свободное владение важнейшими понятиями и формулами курса (они указаны ниже). Можно также дома подготовить сжатый ПЛАН ОТВЕТА (дайджест), куда включаются промежуточные математические выкладки, схемы опытов, рисунки и т.п.: важнейшие формулы, понятия, эффекты, опыты и т.д., которые нужно знать наизусть, должны быть указаны в планах ответов БЕЗ РАСКРЫТИЯ СОДЕРЖАНИЯ.</p> <p>Если один из студентов бригады не прошёл собеседование, то выполняющий с ним данную работу, ответив на свои вопросы, не будет, как</p> | 7 | 15,1 | ИД-1.ПК-3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 | 0 | |
|-----|--|---|------|-----------|--------------------------|---|--|

| | | | | | | | |
|-----|--|---|------|-----------|--|---|--|
| | <p>правило, допущен до измерений, пока не поможет товарищу подготовиться и пройти собеседование. Это объясняется тем, что на экзамен будут выноситься все вопросы к собеседованию, и любому студенту могут попасть как раз те вопросы, которые не были разобраны с преподавателем. Студенты, по ЛЮБЫМ причинам пропустившие занятие, не сдавшие теорию, не выполнившие измерения, не оформившие к концу данного занятия отчёт - считаются задолжниками и должны восполнить отставание: ВСЕ пропущенные часы должны быть восстановлены.</p> <p>За занятие каждый студент должен сдать одну работу. Это вполне реально, если подготовка была добросовестной. Сдав данный отчет, следует готовиться к следующей работе (с № 1 - на № 2, и т.д.). Если выполнялась работа с наибольшим в цикле номером - перейти на работу с наименьшим номером (с № 5 - на № 1).</p> <p>Лабораторные работы закончены, если по каждой из них выполнены измерения, оформлен и сдан отчет, пройдено теоретическое собеседование.</p> <p>В лаборатории следует выполнять правила техники безопасности, с которыми подробно ознакомит преподаватель на вводном занятии под роспись каждого студента персонально в журнале. /Ср/</p> | | | | | | |
| | Раздел 4. Консультации | | | | | | |
| 4.1 | Консультация по дисциплине /Конс/ | 7 | 1,9 | ИД-1.ПК-3 | | 0 | |
| | Раздел 5. Промежуточная аттестация (зачёт) | | | | | | |
| 5.1 | Подготовка к зачёту /Зачёт/ | 7 | 8,85 | ИД-1.ПК-3 | | 0 | |
| 5.2 | Контактная работа /КСРАт/ | 7 | 0,15 | ИД-1.ПК-3 | | 0 | |

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Пояснительная записка

Назначение фонда оценочных средств. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу дисциплины «Магнитные измерения».

2. Фонд оценочных средств включает примерный перечень важнейших понятий, выделенных для заучивания (гlossарий) к зачету. Вопросы теоретического собеседования лабораторных работ. Отрабатываемые в лаборатории экспериментальные умения. Добавочные практические задания.

5.2. Оценочные средства для текущего контроля

Вопросы теоретического собеседования лабораторных работ.

Раздел 1 Магнитометрия полей

Лабораторная работа № 1. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

1. Методы и устройства получения магнитных полей: приставные и стационарные электромагниты, постоянные магниты, кольца Гельмгольца. Особенности применения, конструкция, расчёт поля. Способы получения сильных полей.

2. Баллистический метод измерения напряжённости магнитных полей. Схема и особенности баллистической установки. Веберметры.

Лабораторная работа № 2. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДАТЧИКОМ ХОЛЛА

1. Меры напряжённости магнитного поля: кольца Гельмгольца; катушки Максвелла; одно- и многослойные соленоиды.
2. Тесламетры с датчиком Холла: принцип действия, особенности применения, конструкция. Способы увеличения точности и чувствительности магнитометров с датчиком Холла.

Лабораторная работа № 3. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКЦИОННЫМ ТЕСЛАМЕТРОМ

1. Измерительные катушки: особенности применения, конструкция, расчёт константы. Потенциалметры. Пояс Роговского.
2. Индукционные тесламетры; особенности применения для измерения постоянных и переменных полей. Вибрационные тесламетры. Магнитные индукционные головки.

Лабораторная работа № 4 ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ФЕРРОЗОНДАМИ

1. Магнитное поле в вакууме, его характеристики. Магнитометр Био и Савара; закон Био и Савара. Силовые линии. Расчёт полей кольцевого и прямого тока; вид силовых линий этих полей. Магнитный момент замкнутого тока.
2. Феррозондовые тесламетры: принцип действия, особенности применения, конструкция. Полемерная и градиентометрическая схемы включения. Лабораторная работа № 5. Резервная

Раздел 2 Магнитометрия материалов.**Лабораторная работа № 1 Испытание магнитных материалов на постоянном токе в замкнутой цепи**

1. Основные характеристики ММ в постоянных полях: основная кривая намагничивания (ОКН) в замкнутой и разомкнутой цепи; 5 её участков; определение магнитных проницаемостей и восприимчивостей.
2. Баллистический метод снятия ОКН на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.
3. Баллистический метод снятия предельной петли гистерезиса (ППГ) на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.

Лабораторная работа № 2. Испытание магнитных материалов на постоянном токе в разомкнутой цепи

1. Расчёт намагниченности, индукции и напряжённости поля длинного цилиндра из однородного линейного изотропного магнетика, помещённого в вакууме в однородное поле, параллельное оси цилиндра. Размагничивающий фактор.
2. Определение внутреннего поля образца в разомкнутой магнитной цепи.
3. Методы определения коэрцитивной силы в разомкнутой магнитной цепи.

Лабораторная работа № 3. Определение магнитной восприимчивости слабомагнитных веществ с помощью метода Гуи.

1. Магнитное поле в веществе, его характеристики. Магнетики; характеристики магнетиков. Сильные и слабые, однородные и неоднородные, линейные и нелинейные, изотропные и анизотропные магнетики. Основные виды и свойства слабых магнетиков.
2. Методы определения свойств слабомагнитных материалов.
3. Методы определения свойств диа- и парамагнетиков.

Лабораторная работа № 4. Исследование свойств ферромагнетиков в переменных магнитных полях осциллографическим методом

1. Основные характеристики ММ в переменных полях: описание потерь; характеристики при импульсном намагничивании; определение свойств СВЧ-ферритов.
2. Резонансные и осциллографические методы определения свойств ММ в переменных полях.
3. Методы определения потерь в ММ в переменных полях.

Лабораторная работа № 5. Определение относительной магнитной проницаемости магнетиков с помощью мостика Максвелла

1. Мостовые и потенциометрические методы определения свойств ММ в переменных полях.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания и теоретический вопрос раскрыт полностью.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент свободно владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания, но теоретический вопрос раскрыт не полностью.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент частично владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания, и теоретический вопрос раскрыт не полностью.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания и не раскрыт теоретический вопрос.

Перечень отрабатываемых в лаборатории экспериментальных умений**Раздел 1 Магнитометрия полей****Лабораторная работа № 1. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

- а) Определить постоянную баллистической установки по индукции с разными катушками.
- б) С помощью баллистической установки найти величину поля в разных точках вблизи постоянного магнита (электромагнита).

Лабораторная работа № 2. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДАТЧИКОМ ХОЛЛА

- а) Снять градуировочную характеристику датчика Холла для разных токов возбуждения и температуры.
- б) С помощью датчика Холла построить градуировочные зависимости для лабораторного электромагнита.

Лабораторная работа № 3. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИНДУКЦИОННЫМ ТЕСЛАМЕТРОМ

- а) Снять градуировочные характеристики индукционных датчиков для разного числа оборотов.
- б) С помощью индукционных датчиков найти величину поля в разных точках вблизи постоянного магнита (электромагнита).

Лабораторная работа № 4 ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ФЕРРОЗОНДАМИ

- а) Снять градуировочные характеристики феррозонда.
- б) С помощью феррозонда найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории.

Лабораторная работа № 5. Резервная.**Раздел 2 Магнитометрия материалов.****Лабораторная работа № 1 Испытание магнитных материалов на постоянном токе в замкнутой цепи**

- а) Баллистическим методом снять ОКН на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи. б) Баллистическим методом снять ППГ на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи.

Лабораторная работа № 2. Испытание магнитных материалов на постоянном токе в разомкнутой цепи

В разомкнутой магнитной цепи найти:

- а) внутреннее поле образца.
- б) коэрцитивную силу образца.

Лабораторная работа № 3. Определение магнитной восприимчивости слабомагнитных веществ с помощью метода Гуи
Определить удельную восприимчивость диа- или парамагнетика.**Лабораторная работа № 4. Исследование свойств ферромагнетиков в переменных магнитных полях осциллографическим методом**

- а) Определить константы осциллографа по осям X и Y.
- б) Получить на экране осциллографа ДМП.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания, и умение показано без замечаний.
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания, но умение показано с замечаниями.
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент частично владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания, и умение показано с замечаниями.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не владеет важнейшими понятиями, выделенными для заучивания, и умение не показано.

ДОБАВОЧНЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Для получения зачёта студентами, пропускавшими занятия без уважительной причины, нужно решить 1 (по выбору преподавателя) из предлагаемых 6 задач.

1. Тонкий размагниченный тороид с ферромагнитным сердечником имеет диаметр средней линии 30 см и площадь сечения 1,6 см². В обмотку из 800 витков подали ток силой 1,8 А, и баллистический гальванометр, подключенный к измерительной обмотке из 1 витка (сопротивление всей измерительной цепи 0,8 Ом) показал в этот момент прохождение заряда 0,24 мКл. Найти индукцию и напряжённость поля, а также намагниченность и магнитную проницаемость материала сердечника при этом токе. (Н 1,5 кА/м; В 1,2 Тл; J 1 МА/м; 600)
2. Тороид предыдущей задачи отключили от тока, и тот же баллистический гальванометр показал прошедший заряд 80 мКл. Найти индукцию и напряжённость поля, а также остаточную намагниченность материала сердечника. (Н = 0; Вг 0,8 Тл; Jг 640 кА/м)
3. Тонкий размагниченный тороид со стальным сердечником длиной средней линии 1 м имеет узкую поперечную сечению прорезь шириной 3 мм. В обмотку из 1300 витков подали ток, и датчик Холла в прорези показал поле индукцией В = 1 Тл. Найти ток в обмотке (2,3 А)
4. В том же тороиде найти индукцию и напряжённость поля в стали и в прорези при токе в обмотке 3 А. (в стали В 1,2 Тл, Н 1,1 кА/м; в воздухе прорези В 1,2 Тл, Н 1 МА/м)
5. После выключения тока в задаче 3 датчик Холла в прорези показал индукцию поля в прорези Вг 4,2 мТл. Найти напряжённость поля в стали и её остаточную намагниченность. (Н - 10 А/м; Jг 3,3 кА/м)
6. Для данного ферромагнетика при испытании его как сердечника тороида потребовалось насыщающее поле напряжённостью $H_s = 15$ кА/м; при этом индукция насыщения составила 2 Тл. Какую напряжённость поля придётся создать в длинном соленоиде, в центре которого соосно с направлением намагничивающего поля поместили цилиндр из данного ферромагнетика длиной 10 и диаметром 1 см для достижения насыщения? Принять размагничивающий фактор N

= 0,015. (Hse 240 кА/м).

Критерии оценки

«Зачтено» – выполнение верно более 60% заданий.

«Не зачтено» – выполнение 60% и менее заданий верно

5.3. Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

Письменные работы при реализации дисциплины не предусмотрены

5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Примерный перечень важнейших понятий к зачету

Магнитное поле. Индукция и напряжённость магнитного поля. Силовые линии. Поле кольцевого и прямого тока; вид силовых линий этих полей. Магнитный момент замкнутого тока. Поведение прямого и кольцевого тока в однородном и неоднородном магнитном поле. Поле тороида, длинного и ограниченного однослойного соленоида; вид силовых линий этих полей.

Магнитное поле в веществе, его характеристики. Магнетики; характеристики магнетиков. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Намагниченность, индукция и напряжённость поля длинного цилиндра из однородного линейного изотропного магнетика, помещённого в вакууме в однородное поле, параллельное оси цилиндра. Связь индукции B , намагниченности J и напряжённости H . Размагничивающий фактор.

Сильные и слабые, однородные и неоднородные, линейные и нелинейные, изотропные и анизотропные магнетики. Основные виды и экспериментальные свойства слабых магнетиков: значения и знак χ , вид функции $J(H)$. Основные виды и свойства сильных магнетиков. Экспериментальные свойства ферро- и ферримангнетиков в постоянных полях: значения χ и χ_c ; вид основной кривой намагничивания ОКН, 5 её участков; точка Кюри; существование в кристаллах; гистерезис. Намагниченность насыщения; предельная ППГ и частные ЧПГ петли гистерезиса; коэрцитивная сила H_c и остаточная намагниченность насыщения J_{rs} . Магнитострикция; её характеристики.

Магнитный поток. Магнитный поток ферромагнитного тонкого тороида. Магнитодвижущая сила; магнитное сопротивление. Формула Гопкинсона.

Методы и устройства получения магнитных полей: токовые катушки, соленоиды, тороиды, провода с током, приставные и стационарные электромагниты, постоянные магниты, кольца Гельмгольца. Способы получения сильных полей. Конструкция измерительных катушек.

Классификация магнитных материалов (ММ), их применение. Оптические, электрические и магнитострикционные свойства ММ. Особенности образцов для испытаний в постоянных магнитных полях. Схема баллистической установки для испытания магнитных материалов на постоянном токе в замкнутой магнитной цепи. Намагничивающие устройства для испытаний в постоянных магнитных полях: проводник с током; кольцевая обмотка; соленоид; электромагнит; аппарат Эпштейна; пермеаметры.

Определение свойств кольцевых магнитомягких материалов (МММ).

Определение свойств магнитожёстких материалов (МЖМ).

Определение внутреннего поля образца и коэрцитивной силы в разомкнутой магнитной цепи.

Основные характеристики ММ в переменных полях: динамическая магнитная петля ДМП; магнитные проницаемости.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студентам, если при ответе на вопрос дано полное, грамотное объяснение; выполнены, если это необходимо, чертежи или рисунки. сформулированы законы; приведены необходимые примеры;
- оценка «хорошо» выставляется студентам, если при ответе на вопрос дано грамотное объяснение, с недочетами;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, если при ответе на вопрос дано не полное объяснение;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студентам, если студент не дал ответ на вопрос, или ответ был слишком коротким, не полным, не грамотным.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Эл. адрес |
|------|----------------------------------|--|----------------------------------|---|
| Л1.1 | Михайлов С.П., Гвоздарев А.Ю. | Магнитные и геомагнитные измерения: учебное пособие | Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2013 | http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&view=book&id=693:magnitnye-i-geomagnitnye-izmereniya&catid=6:physics&Itemid=164 |

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Эл. адрес |
|------|---------------------|---|-------------------------------|---|
| Л1.2 | Михайлов С.П. | Измерение магнитных свойств материалов: учебное пособие для студентов, изучающих дисциплину "Магнитные материалы" | Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2015 | http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_aobook&view=book&id=36:izmerenie-magnitnykh-svoystv-materialov&catid=6:physics&Itemid=164 |

6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Эл. адрес |
|------|---------------------|--|-------------------------------|-----------|
| Л2.1 | Михайлов С.П. | Электричество и магнетизм: учебное пособие для вузов | Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008 | |
| Л2.2 | Михайлов С.П. | Электричество и магнетизм: лабораторный практикум | Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010 | |

6.3.1 Перечень программного обеспечения

| | |
|---------|---|
| 6.3.1.1 | Google Chrome |
| 6.3.1.2 | Internet Explorer/ Edge |
| 6.3.1.3 | Kaspersky Endpoint Security для бизнеса СТАНДАРТНЫЙ |
| 6.3.1.4 | MS Office |
| 6.3.1.5 | MS WINDOWS |
| 6.3.1.6 | Яндекс.Браузер |
| 6.3.1.7 | LibreOffice |
| 6.3.1.8 | РЕД ОС |

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

| | |
|---------|---|
| 6.3.2.1 | Электронно-библиотечная система «Издательство Лань» |
| 6.3.2.2 | Межвузовская электронная библиотека |
| 6.3.2.3 | Электронно-библиотечная система IPRbooks |

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| | |
|--|-------------------|
| | проблемная лекция |
| | дискуссия |

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Номер аудитории | Назначение | Основное оснащение |
|-----------------|---|---|
| 111 Б1 | Лаборатория магнитных измерений и магнитных материалов. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Генератор Г-3-118 – 2 шт, измеритель тока КЭЦ 41160, вольтметр В - 3 – 386, магазин сопротивлений – 3 шт., плата АЦП/ЦАП 2 Cold модель L 154 – 2 шт., приставка НС -2100, установка для исследования электронного парамагнитного резонанса – 2 шт, импульсный ЯМР-релаксометр "Эхо". Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя, ученическая доска |
| 220 Б1 | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Ученическая доска, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя |
| 209 Б1 | Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещение для самостоятельной работы | Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся). Маркерная ученическая доска, экран, мультимедиапроектор, компьютеры с доступом в Интернет |

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Занятия по магнитным измерениям идут в специализированной лаборатории. Каждое занятие идёт 4 часа; работы выполняются бригадами из 1-2 человек. Этого требуют как правила техники безопасности, так и необходимость приобретения каждым студентом экспериментальных умений и навыков. Форма организации занятий - только цикловая. Разбивку по бригадам и порядок прохождения работ в цикле определяет преподаватель на первом занятии (или до него). Тематика работ, изучаемые в них теоретические вопросы и отрабатываемые экспериментальные умения указаны ниже.

При подготовке к работе нужно проработать лекционный материал и подготовиться к теоретическому собеседованию. Оно начинается с бригады, выполняющей работу с наименьшим номером (например, № 1). Пока эти студенты готовятся и сдают теорию, остальные приступают к измерениям. Пройдя собеседование, студенты с работы № 1 начинают измерения, а с работы № 2 прерывают их и сдают теорию. Затем сдают работы № 3, № 4 и т.д. Студенты, не готовые к собеседованию, к измерениям не допускаются или с них снимаются.

При подготовке к теоретическому собеседованию дома готовятся ответы на все вопросы данной работы, но отвечать каждый студент будет лишь часть их, указанную преподавателем. При подготовке к ответу можно использовать любые источники, но при ответе нужно показать свободное владение важнейшими понятиями и формулами курса (они указаны ниже). Должны быть также раскрыты темы для самостоятельного изучения, определяемые лектором с учётом резерва времени в текущем учебном году. Можно также дома подготовить сжатый ПЛАН ОТВЕТА (дайджест), куда включаются промежуточные математические выкладки, схемы опытов, рисунки и т.п.: важнейшие формулы, понятия, эффекты, опыты и т.д., которые нужно знать наизусть, должны быть указаны в планах ответов БЕЗ РАСКРЫТИЯ СОДЕРЖАНИЯ.

Если один из студентов бригады не прошёл собеседование, то выполняющий с ним данную работу, ответив на свои вопросы, не будет, как правило, допущен до измерений, пока не поможет товарищу подготовиться и пройти собеседование. Это объясняется тем, что усвоить следует все вопросы к собеседованию, и любому студенту могут в будущем попасть как раз те вопросы, которые не были разобраны с преподавателем. Студенты, по ЛЮБЫМ причинам пропустившие занятие, не сдавшие теорию, не выполнившие измерения, не оформившие к концу данного занятия отчёт - считаются задолжниками и должны восполнить отставание: ВСЕ пропущенные часы должны быть восстановлены.

За занятие каждый студент должен сдать одну работу. Это вполне реально, если подготовка была добросовестной. Сдав данный отчет, следует готовиться к следующей работе (с № 1 - на № 2, и т.д.). Если выполнялась работа с наибольшим в цикле номером - перейти на работу с наименьшим (с № 4 - на № 1).

Лабораторные работы закончены, если по каждой из них выполнены измерения, оформлен и сдан отчет, пройдено теоретическое собеседование.

В лаборатории следует выполнять правила техники безопасности, с которыми подробно ознакомит преподаватель на вводном занятии под роспись каждого студента персонально в журнале.