

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

**Электричество и магнетизм**  
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **кафедра математики, физики и информатики**

Учебный план 03.03.02\_2023\_613.plx  
03.03.02 Физика  
Альтернативная энергетика

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 216  
в том числе:  
аудиторные занятия 144  
самостоятельная работа 32,9  
часов на контроль 34,75

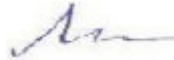
Виды контроля в семестрах:  
экзамены 4

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр (<Курс>. <Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
	18 3/6			
Неделя				
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	62	62	62	62
Лабораторные	50	50	50	50
Практические	32	32	32	32
Консультации (для студента)	3,1	3,1	3,1	3,1
Контроль самостоятельной работы при проведении аттестации	0,25	0,25	0,25	0,25
Консультации перед экзаменом	1	1	1	1
Итого ауд.	144	144	144	144
Контактная работа	148,35	148,35	148,35	148,35
Сам. работа	32,9	32,9	32,9	32,9
Часы на контроль	34,75	34,75	34,75	34,75
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*К.ф.-м.н., Профессор, Михайлов С.П.*



Рабочая программа дисциплины

**Электричество и магнетизм**

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 26.12.2022 протокол № 12.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

**кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от 09.03.2023 протокол № 8

И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А.



---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры **кафедра математики, физики и информатики**

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_  
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 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 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 Богданова Р.А.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	<i>Цели:</i> Цель дисциплины «Общая физика», раздел «Электричество и магнетизм» – сообщить студенту базовые знания, умения и навыки в области электричества и магнетизма.
1.2	<i>Задачи:</i> Задачи дисциплины: сообщить основные понятия, принципы и законы электричества и магнетизма; закрепить умение грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат, решать типовые учебные и усложнённые задачи по электричеству и магнетизму; дать возможность приобрести базовые экспериментальные навыки в области электричества и магнетизма.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.О.21
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Элементарная физика
2.1.2	Основы физического эксперимента
2.1.3	Устройство и применение персонального компьютера
2.1.4	Основы электротехники
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Векторный и тензорный анализ
2.2.2	Дифференциальные уравнения
2.2.3	Общая физика
2.2.4	Основы автоматики и системы автоматического управления
2.2.5	Молекулярная физика
2.2.6	Теоретические основы электротехники
2.2.7	Электродинамика
2.2.8	Атомная физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц
2.2.9	Физические основы электроники
2.2.10	Электрические машины
2.2.11	Методика преподавания физики
2.2.12	Методы решения физических задач
2.2.13	Методы физических измерений
2.2.14	Радиофизика и электроника
2.2.15	Решение олимпиадных задач по физике
2.2.16	Электроника
2.2.17	Электромагнитная экология и электромагнитная совместимость

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
<b>ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;</b>	
<b>ИД-1.ОПК-1: Знает основные физические законы и математический аппарат, знаком с естественными науками в необходимом для профессиональной деятельности объеме</b>	
Знает основные физические законы и математический аппарат электричества и магнетизма, знаком с естественными науками в необходимом для профессиональной деятельности объеме	
<b>ИД-2.ОПК-1: Способен решать типовые физические задачи на основе аппарата высшей математики</b>	
Способен решать типовые физические задачи электричества и магнетизма на основе аппарата высшей математики	
<b>ИД-3.ОПК-1: Имеет представление об области применения физических законов и естественно-научных знаний в своей профессиональной деятельности</b>	
Имеет представление об области применения физических законов электричества и магнетизма и естественно-научных знаний в своей профессиональной деятельности	
<b>ОПК-2: Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;</b>	
<b>ИД-1.ОПК-2: Знает методику проведения физического эксперимента, способен проводить физические измерения и обрабатывать их результаты</b>	
Знает методику проведения физического эксперимента, способен проводить физические измерения и обрабатывать их результаты	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	<b>Раздел 1.</b>						
1.1	См. файл "Раб_прогр_ЭМ_2023. pdf" в приложении /Лаб/	4	50	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.3	0	
1.2	См. файл "Раб_прогр_ЭМ_2023. pdf" в приложении /Лек/	4	62	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2	0	
1.3	См. файл "Раб_прогр_ЭМ_2023. pdf" в приложении /Пр/	4	32	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3	0	
1.4	См. файл "Раб_прогр_ЭМ_2023. pdf" в приложении /Ср/	4	32,9	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3	0	
	<b>Раздел 2. Промежуточная аттестация (экзамен)</b>						
2.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	4	34,75	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2		0	
2.2	Контроль СР /КСРАтт/	4	0,25	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2		0	
2.3	Контактная работа /КонсЭж/	4	1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2		0	
	<b>Раздел 3. Консультации</b>						
3.1	Консультация по дисциплине /Конс/	4	3,1	ИД-1.ОПК-1 ИД-2.ОПК-1 ИД-3.ОПК-1 ИД-1.ОПК-2		0	

<b>5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ</b>	
<b>5.1. Пояснительная записка</b>	
1. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины. 2. Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в формах, указанных в рабочей программе, и промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к экзамену	
<b>5.2. Оценочные средства для текущего контроля</b>	
Оценочные средства для текущего контроля см. в приложении 1 (файл "ФОС эл_маг_2023_для_студентов.pdf").	
<b>5.3. Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)</b>	
См. файл "ФОС эл_маг_2023_для_студентов.pdf" в приложении	
<b>5.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации</b>	
Оценочные средства для промежуточной аттестации см. в приложении 1 (файл "ФОС эл_маг_2023_для_студентов.pdf").	

<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>				
<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>				
<b>6.1.1. Основная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л1.1		Элементарная физика. Ч.3. Электричество и магнетизм: учебное пособие	Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008	
Л1.2	Михайлов С.П.	Электричество и магнетизм: лабораторный практикум	Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010	
Л1.3	Михайлов С.П.	Курс физики. Том 2. Электричество и магнетизм. Элементы фотометрии, геометрической и волновой оптики: учебное пособие для студентов университетов и педвузов	Горно-Алтайск: БИЦ ГАГУ, 2019	<a href="http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&amp;view=book&amp;id=3434:953&amp;catid=6:physics&amp;Itemid=164">http://elib.gasu.ru/index.php?option=com_abook&amp;view=book&amp;id=3434:953&amp;catid=6:physics&amp;Itemid=164</a>
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л2.1	Трофимова Т.И.	Курс физики: учебное пособие для вузов	Москва: Высшая школа, 2003	
Л2.2	Михайлов С.П.	Электричество и магнетизм: учебное пособие для вузов	Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008	
Л2.3	Михайлов С.П.	Методические указания и рабочая программа по курсу "Электричество и магнетизм": методические указания	Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2007	

<b>6.3.1 Перечень программного обеспечения</b>	
6.3.1.1	Adobe Reader
6.3.1.2	Firefox
6.3.1.3	Foxit Reader
6.3.1.4	MS Office
6.3.1.5	MS WINDOWS
6.3.1.6	Яндекс.Браузер
6.3.1.7	Moodle
6.3.1.8	NVDA
6.3.1.9	LibreOffice
6.3.1.10	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса СТАНДАРТНЫЙ
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>	
6.3.2.1	Межвузовская электронная библиотека
6.3.2.2	Электронно-библиотечная система IPRbooks
6.3.2.3	База данных «Электронная библиотека Горно-Алтайского государственного университета»

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
	проблемная лекция	
	ситуационное задание	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)		
Номер аудитории	Назначение	Основное оснащение
102 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, мультимедиапроектор, экран, компьютер. Рабочее место преподавателя, посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся), кафедра
112 Б1	Лаборатория электричества и магнетизма. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Генераторы. Магазины сопротивлений. Осциллографы. Регулятор напряжения 3кВА 220/250В. Электромагнит. Модульно-учебный комплекс МУК-ЭМ1 "Электричество и магнетизм". Стенды: «В мире науки и техники», «Десятичные приставки», «Рабочая программа», «Система». Рабочее место преподавателя. Посадочные места обучающихся (по количеству обучающихся)
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)		
См. файл "Раб_прогр_ЭМ_2022. pdf" в приложении		

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Министерство науки и высшего образования РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Горно-Алтайский государственный университет» (ГАГУ)**

**Физико-математический и инженерно-технологический институт (ФМИТИ)**

**Кафедра математики, физики и информатики**

**С.П. Михайлов**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Общая физика, часть 3. Электричество и магнетизм»**

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**  
Для направления подготовки 03.03.02 «Физика»  
Профиль подготовки «Альтернативная энергетика»  
2023-2024 учебный год

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (утвержден 7 августа 2020 г. № 891) и учебного плана по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» (профиль «Альтернативная энергетика»), утвержденного Ученым советом ГАГУ 27.01.2022 г., протокол № 1

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры математики, физики и информатики 09.03.2023 г., протокол № 8.

Горно-Алтайск  
2023



### 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Общая физика», раздел «Электричество и магнетизм» – сообщить студенту базовые знания, умения и навыки в области электричества и магнетизма.

Задачи дисциплины: сообщить основные понятия, принципы и законы электричества и магнетизма; закрепить умение грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат, решать типовые учебные и усложнённые задачи по электричеству и магнетизму; дать возможность приобрести базовые экспериментальные навыки в области электричества и магнетизма.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина «Общая физика», раздел «Электричество и магнетизм» изучается в 4-м семестре и относится к обязательным дисциплинам блока Б1 (Б1.О.04.02). При освоении раздела «Электричество и магнетизм» студенты используют знания, умения и навыки, сформированные при изучении школьных предметов «Математика» и «Физика», курсов «Элементарная физика», «Основы физического эксперимента» и вузовская математика, а также раздела «Механика» дисциплины «Общая физика», основ векторного и тензорного анализа, химии. Освоение дисциплины «Общая физика» является основой для изучения остальных разделов общей физики, устройства и применения ПК, основ электротехники, основ ЭВТ и автоматики, и др. дисциплин профессионального цикла.

#### Междисциплинарные связи разделов дисциплины с последующими дисциплинами

№ п/п	Раздел дисциплины	Дисциплины, с которыми есть связь
	<b>Раздел 1. Электростатика.</b> <b>Раздел 2. Постоянный ток.</b> <b>Раздел 3. Магнетизм.</b> <b>Раздел 4. Электромагнитные явления.</b>	Математика, элементарная физика, основы физического эксперимента, химия, устройство и применение ПК, безопасность жизнедеятельности, электротехника, основы ЭВТ и автоматики, основы векторного и тензорного анализа, физические измерения и др.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- знает основные физические законы и математический аппарат, знаком с естественными науками в необходимом для профессиональной деятельности объеме (ИД-1. ОПК-1);
- способен решать типовые физические задачи на основе аппарата высшей математики (ИД-2.ОПК-1);
- имеет представление об области применимости физических законов и естественно-научных знаний в своей профессиональной деятельности (ИД-3. ОПК-1);
- знаком с методикой проведения физического эксперимента, способен проводить физические измерения и обрабатывать их результаты (ИД-1. ОПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- основные понятия, принципы и законы курса электричества и магнетизма;

**уметь**:

- решать типовые учебные задачи электричества и магнетизма на основе аппарата высшей математики;
- применять экспериментальные навыки в области электричества и магнетизма;
- грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат;

**владеть**:

- физической лексикой и математическим аппаратом;
- базовыми электроизмерительными приборами;
- навыками сборки электрических схем и проведения экспериментов в области электричества и магнетизма.

### 4. Объем, виды и особенности организации учебной работы.

#### 4.1. Объем и виды учебной работы.

##### 4.1. Объем и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	144/4,0
В том числе:	
Лекции	62/1,7
Практические занятия	32/0,9
Лабораторные работы (ЛР)	50/1,4
<b>Самостоятельная работа и контроль</b>	72/2,0
В том числе:	
Подготовка к практическим занятиям	18/0,5
Подготовка к лабораторным работам	18/0,5

Подготовка к экзамену	36/1,0
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Экзамен
Общая трудоемкость	часы
	зачетные единицы
	216
	6,0

#### 4.2. Календарный план

Этот план в той или иной форме сообщается студентам (например, вывешивается в лаборатории электромагнетизма или доступен в электронном варианте данной рабочей программы) и содержит информацию о распределении занятий по неделям, числе учебных часов, формах и времени контроля и пр. В 2018-2019 учебном году дисциплина изучается во 2 семестре 2 курса, заканчиваясь экзаменом.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 **зачётных единиц (216 часов)**. Из них аудиторных часов 144 (4 зачётных единицы). Аудиторные часы делятся так: 62 часов лекций, 32 часов практических занятий и 50 часов лабораторных работ. Экзамен по лекционному материалу и приобретённым практическим умениям и экспериментальным навыкам. На самостоятельную работу студентов СРС в семестре 36 часов (1 зачётная единица), из них на подготовку к практическим занятиям и контрольным работам 18 часов (0,5 зачётной единицы) и столько же на подготовку к лабораторным работам. На подготовку к экзамену 36 часов (1 зачётная единица).

Преподавателю, ведущему практические занятия, планируются 34 часа ИРС (ИРС – индивидуальная работа преподавателя со студентами) на восстановление студентами пропущенных занятий. Если у студента нет пропусков и долгов, то не будет и часов ИРС, а вот при наличии таковых часы ИРС обязательны. Более того, предусмотрены добавочные задачи для студентов, которые на ИРС быть должны, но отсутствуют. Предусмотрены также 2 контрольные работы: № 1 – по электростатике и постоянному току, № 2 – по магнетизму и электромагнитным явлениям.

Фактически на все занятия отводятся 18 недель 3 семестра, по 8 аудиторных учебных часов в неделю. В течение почти всех 18 недель вычитываются лекции (в среднем 3 часа в неделю); идут лабораторные работы (3 часа в неделю) и проводятся практические занятия (2 часа в неделю). По 2 часа самостоятельной работы используются в течение этих 18 недель на подготовку к лабораторным работам и экзамену; по 2 часа еженедельно - на подготовку к практическим занятиям, контрольным работам и экзамену. Вот пример календарного плана дисциплины, с которым студенты знакомятся на первой лекции, в 2021-2022 учебном году.

ПРИМЕР КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ДИСЦИПЛИНЫ на 2021-2022 учебный год

	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь					
Неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Даты	8-13	15-20	22-27	1-6	8-13	15-20	22-27	29-3	5-10	12-17	19-24	26-1	3-8	10-15	17-22	24-29	31-5	7-12
Лек.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2		
Л/р						4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
Практика		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
СРС	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ИРС		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
К/р								№1									№2	

Число часов: лекционных 62, лабораторных работ 50, практических занятий 32, СРС и ИРС - 106. Темы контрольных работ: № 1 – электростатика и законы постоянного тока, № 2 – магнетизм и электромагнитные явления. Лекции читает проф. Михайлов Сергей Петрович. Лабораторные работы и практические занятия ведёт ст. преп. Алмадакова Галина Васильевна. Ст. лаборант лаборатории электричества и магнетизма – Каменева Галина Кузьмовна. Форма контроля - экзамен по лекционному материалу и приобретённым на практике и в лаборатории умениям и навыкам.

#### 4.3. Выполнение лабораторных работ.

Каждое занятие в лаборатории идёт 4 часа; часть небольших работ объединяются по 2 на одном занятии (ниже они нумеруются, например, 5а и 5б). Работы выполняются по подгруппам (хотя в группе из 12 студентов их будет всего 1), причем студенты разбиваются на бригады (звенья) из 1-3 человек. Этого требует как техника безопасности, так и необходимость приобретения каждым студентом экспериментальных умений и навыков.

Лабораторные работы могут выполняться как фронтально (одна и та же работа выполняется параллельно всеми бригадами), так и в цикле (несколько работ в течении нескольких занятий последовательно проходит каждая бригада). Разбивку по бригадам и порядок прохождения работ в цикле определяет преподаватель на первом занятии (или до него). Особенности проведения работ в этом учебном году укажет преподаватель.

Недостаток цикловой организации очевиден: часть бригад может выполнять работы, лекции по которым ещё не начитаны. Вместе с тем, пропустившие занятие могут догнать бригаду, т.к. одни и те же работы стоят на столах несколько недель. Появляется соблазн сначала "погулять", а потом "поднажать".

**ВНИМАНИЕ!** Эта ситуация является стандартной ловушкой, из-за которой ежегодно несколько человек отчисляются с физмата! Дело в том, что объём работы в лаборатории велик, а число занятий ограничено (см. календарный план), причем по окончании цикла оборудование со столов убирается (например, чтобы выставить работы для другого курса). А не выполнены лабораторные работы - учебный план не выполнен, и о сдаче экзамена и речи быть не может! Поэтому действуй так:

1. За **НЕСКОЛЬКО** дней до занятий (не в последний день, т.к. это гарантирует неготовность!) в часы самоподготовки, указанные на двери лаборатории, необходимо по книге “Лабораторный практикум по курсу электромагнетизма” ознакомиться с описанием работы, которая будет выполняться, и подготовить первую часть отчёта. Сюда входят название работы, оборудование, краткая запись формул теоретического введения, рисунки, схемы, таблицы, формулы погрешности в общем виде (если они нужны) и пр. Образцы оформления отчетов работ имеются у лаборанта. Главная цель предварительного ознакомления - понять, как будут выполняться измерения, ознакомиться с приборами и правилами работы с ними; кроме того, экономится время для продуктивной работы на занятии. Подготовка первой части отчета и ознакомление с работой занимает около часа. В самом начале занятия будет проверяться: наличие аккуратно оформленной первой части отчета; готовность сдать допуск к измерениям (вопросы к допуску для каждой лабораторной работы см. ниже). **Студенты, или не имеющие первой части отчета, или не сдавшие допуск, к измерениям не допускаются.**

2. По ходу работы с бригадами студентов, выполняющих одну тему, проводится собеседование по теоретическому материалу (вопросы указаны ниже). Собеседование начинается с бригады, выполняющей работу с наименьшим номером (например, № 1). Пока эти студенты готовятся и сдают теорию, все остальные сдают преподавателю и лаборанту допуск. Оценка за допуск тут же объявляется студентам и учитывается в дальнейшем. Сдавшие допуск приступают к измерениям.

Пройдя собеседование и допуск, студенты с работы № 1 начинают измерения, а с работы № 2 прерывают их и сдают теоретический материал. Затем сдают работы № 3, № 4 и т.д. **Студенты, не готовые к теоретическому собеседованию, к измерениям также 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. Подготовка к собеседованию требует нескольких часов! Собеседование идет за столом преподавателя, и студенту нужна лишь чистая бумага. Пользоваться учебником или конспектом здесь запрещено.

Можно, однако, подготовить сжатый **ПЛАН ОТВЕТА (дайджест)**, куда включаются промежуточные математические выкладки, схемы опытов, рисунки и т.п.: важнейшие формулы, понятия, опыты, эффекты и т.д., которые следует знать наизусть, должны быть указаны в планах ответов **БЕЗ РАСКРЫТИЯ СОДЕРЖАНИЯ**. Планы ответов собраны в разделе 10 рабочей программы; важнейшие формулы, понятия и т.д. и здесь выделены шрифтом и размером. Ответ строится в форме связного изложения теоретического материала с помощью планов ответов. В ходе ответа студенты обязаны внимательно слушать друг друга и преподавателя - учиться лучше на чужих ошибках! - но не подсказывать, т.к. оценка за собеседование ставится и в конце его объявляется каждому, существенно влияя на экзаменационную оценку (а в случае подсказки надо эту оценку делить на двоих!). Если один из студентов бригады не прошёл собеседование, то выполняющие с ним данную работу, ответив на свои вопросы, все же не будут, как правило, допущены до измерений, пока не помогут 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. На обстоятельное теоретическое собеседование, главная цель которого - дать возможность **КАЖДОМУ** студенту потренироваться в изложении материала при немедленной помощи преподавателя - требуется 30-40 минут на бригаду; бригад обычно четыре, так что за 4-х-часовое занятие каждый студент сможет без спешки ответить лишь раз. Повторные, на данном занятии, собеседования возможны после сдачи теории всеми остальными бригадами; это реально, если надо лишь досдать какую-то малую часть теоретического вопроса. Студенты, по **ЛЮБЫМ** причинам пропустившие занятие, не сдавшие теорию, не выполнившие измерения, не оформившие к концу данного занятия отчет - считаются задолжниками и должны восполнить отставание во время занятий **ЛЮБОЙ** подгруппы курса: **ВСЕ** пропущенные часы, как правило, должны быть восстановлены. Ясно, что пропуск значительного числа лабораторных часов ставит студента в очень сложную ситуацию. Теоретическое собеседование принимает только преподаватель, поэтому отрабатывающим задолженность следует отвечать вместе с бригадой другой подгруппы, выполняющей данную работу. Всё, что относится к эксперименту - допуск, измерения, отчёт, отработку экзаменационных экспериментальных умений (см. ниже) контролирует, как правило, лаборант, и это можно сдать во время самоподготовки. Надо лишь убедиться, что факт сдачи и объявленная студенту оценка за эксперимент зафиксированы в журнале лаборанта.

3. Как правило, за занятие студент должен сдать одну работу. Это вполне реально, если подготовка была добросовестной: несколько минут на предъявление первой части отчета и сдачу допуска, до 40 мин - на теоретическое собеседование, 2 часа - на измерение и 1 час на оформление и сдачу отчёта. Но если предварительно не были потрачены часы на подготовку первой части отчёта, сдачи допуска и, главное, теоретического собеседования - **ЗАДОЛЖНОСТЬ ГАРАНТИРОВАНА!** Сдав данный отчёт, следует готовиться к следующей работе (с № 1 - на № 2, и т.д.). Если выполнялась работа с наибольшим в цикле номером - перейти на наименьший (с № 5 - на № 1). По итогам работы в лаборатории на экзамен могут выноситься 3 оценки: за теоретические знания, показанные в ходе собеседований; за экспериментальные умения - оценка за допуск, экспериментальные

умения и качество измерений; за добросовестность (оценка учитывает пропуски занятий без уважительных причин, качество подготовки к собеседованию и оформления отчета, своевременность сдачи и т.д.)

Итак, к каждому занятию в лаборатории нужно: а) заранее ознакомиться с описанием работы и подготовить первую часть отчета; б) подготовиться к сдаче допуска к измерениям; в) подготовиться к теоретическому собеседованию, проработав планы ответов, заучив важнейшие понятия, формулы и т.д.

Лабораторные работы закончены, если по каждой из них сдан допуск, выполнены измерения, оформлен и сдан отчёт, пройдено теоретическое собеседование и показаны экспериментальные умения.

4. В лаборатории следует выполнять правила техники безопасности, с которыми подробно ознакомит преподаватель на вводном занятии под роспись каждого студента персонально в журнале. Безопасным для жизни в помещениях типа данной лаборатории является напряжение не свыше 36 В переменного поля, а студентам приходится иметь дело (например, при измерениях с помощью вольтметров) и с напряжением сети 220 В, безусловно **смертельно опасным**. Основные правила очень просты, **НАДО ЛИШЬ ИХ НЕ ЗАБЫВАТЬ**:

- а) Не включать приборы без разрешения преподавателя или лаборанта.
- б) Не включать схему под напряжение без предварительной проверки преподавателем или лаборантом.
- в) Не производить переключение в схемах, находящихся под напряжением.
- г) Не прикасаться к неизолированным частям схемы (в том числе к корпусам выпрямителей, осциллографов, генераторов и пр., выполненным из металла!).
- д) Не оставлять без наблюдения схему под напряжением, подавая его только на время измерений.

Нарушение этих правил, не имевшее серьёзных последствий (поражение током людей), повлечет повторную сдачу правил техники безопасности, возмещение стоимости испорченных приборов и т.д.

#### 4.4. Выполнение практических занятий

Осмысленное решение задач невозможно без знания важнейших понятий, формул, законов и пр. данной темы. Поэтому перед каждым практическим занятием студенты должны переписать в классную тетрадь или на отдельные листы список таких понятий и формул (см. ниже) с расшифровкой каждого понятия, формулировками всех законов, смыслом каждого значка: не просто переписать слова "электрический заряд", а дать определение заряда; не просто написать "закон сохранения заряда", а дать его формулировку; нужны не слова "вид поля точечного заряда", а картина силовых линий этого поля. Образец оформления первого списка понятий имеется в рабочей программе.

Большинство формул и понятий каждого списка будут важнейшими и в масштабах всего курса, т.е. должны быть заучены; при подготовке к практическому занятию, однако, такой цели-максимум можно не ставить, ограничившись свободной ориентировкой в собственных записях. Преподаватель в начале занятия проверяет наличие и качество раскрытия содержания списка у каждого студента, причём **НА ВСЕХ ЗАНЯТИЯХ** без исключения, начиная с первого. Это и понятно: отсутствие списка или формальная его переписка - гарантия неэффективной работы студента на занятии. Одновременно проверяется решение домашних задач, которые должны быть распределены по занятиям и аккуратно пронумерованы с **ПОЛНОЙ ЗАПИСЬЮ УСЛОВИЙ** каждой задачи в отдельную тетрадь для домашних работ. Жалеть время на переписку условий не следует: это не только делает студента независимым от задачников, которых в нужный момент - на контрольной, зачёте - не окажется под рукой, но и помогает в решении задач, заставляя заметить какую-нибудь важную "мелочь" типа отсутствия сил сопротивления или нулевой конечной скорости. Если при всем старании решить домашние задачи не удалось, **ДОЛЖЕН БЫТЬ ПРЕДЪЯВЛЕН ЧЕРНОВИК РЕШЕНИЙ**. Не имеющие без уважительной причины списка понятий и не приступавшие к решению домашних задач получают неудовлетворительную оценку и должны будут явиться на вызывную консультацию в часы ИРС. Разумеется, она открыта и для всех желающих.

Такие консультации проводятся регулярно с указанием времени в календарном плане. О **веской** причине предстоящей неявки студент-задолжник обязан заранее предупредить преподавателя; не оговоренная заранее неявка задолжника на вызывную консультацию влечёт **ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ДОБАВОЧНОЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ** - задачи (см. домашние задания), проработку конспекта и пр. Ясно, что при повторяющихся неявках на вызывные консультации студент ставит себя в очень сложное положение.

Если занятие было по **ЛЮБЫМ** причинам пропущено, следует, переписав у товарищей классные задачи и **РАЗОБРАВШИСЬ В НИХ**, подготовить список понятий, решить домашние задачи и явиться на ближайшую консультацию, где преподаватель проверит качество работы. Если причина пропуска уважительна, список надо лишь **показать**, а вот если нет - **сдать**, предварительно заучив.

Внимание! Пропуск (по любой причине!) большого числа занятий, а тем более неявка на вызывные консультации означает, что преподавателю придётся затратить на работу с Вами значительное время: просмотреть по каждой теме переписанные классные задачи, проверить или принять списки понятий, проверить решение домашних и дополнительных задач. Если это происходит в середине семестра, то всё может окончиться благополучно - тут уж дело за Вашей добросовестностью и способностями. Но к концу семестра не поможет и добросовестность просто потому, что Вам не хватит времени: в первую очередь на консультациях, зачёте и пр. преподаватель будет работать со студентами без задолженности или с меньшей задолженностью. Как только закончились занятия, преподаватель **НЕ ОБЯЗАН** с Вами работать; с ним надо договариваться о каждой встрече, что зависит не только от Вашей готовности, но и его желания, мнения о Вас, занятости и пр. **ИЗ-ЗА ПРОПУСКА БОЛЬШОГО ЧИСЛА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ТАКЖЕ НЕСКОЛЬКО СТУДЕНТОВ ЕЖЕГОДНО ОТЧИСЛЯЮТСЯ С ФИЗМАТА.**

Замечу, что на контрольных работах эффективно можно использовать только **СВОИ** списки понятий, классные и домашние тетради с задачами. Задачи контрольных подбираются однотипными с решавшимися дома и в аудитории, так что некачественной проработкой своих записей или их неполнотой нерадивый накажет сам себя.

**Внимание!** Из многолетнего опыта успешного решения учебных задач мною извлечены лишь 3 универсальных совета для тех, кто также хотел бы научиться решать учебные задачи.

а) **ЗНАЙ ТЕОРИЮ И, ГЛАВНОЕ, ФОРМУЛЫ** (или хотя бы знай, где эти формулы найти). Если в задаче идёт речь о токе, напряжении и сопротивлении, а ты не знаешь закона Ома - дело безнадежно, т.к. ты даже не знаешь, где и что искать. Но если и знаешь, нужна оптимальная стратегия решения. Поэтому

б) **РЕШАЙ С КОНЦА**. Это значит: внимательно прочитай условия, сделав их полную физическую запись (не упуская ни одной "мелочи" типа нулевой скорости в конце или начале движения, постоянства ускорения, правильных обозначений для всех величин, записи числовых значений в одной системе и пр.), определи, что надо найти - и с учетом условий задачи **ПОДБЕРИ ФОРМУЛУ, КУДА ВХОДИТ ИСКОМАЯ ВЕЛИЧИНА**. Правильно поставленный вопрос - половина решения. В простых задачах нужна одна формула, в более сложных - ряд связанных. Выбор этих формул - дело творческое, требующее не только знаний, но и опыта. Поэтому

в) **РЕШИ МНОГО ЗАДАЧ**. Если ты в своей жизни решил всего 2 физические задачи, то 3-ю скорее всего не решишь; если 2002, то 2003-ю скорее всего решишь. Лучше решать самому - хорошо запоминается, способствует самоуважению и усвоению теоретического материала; но годится решение преподавателя, товарища, из книжки - лишь бы решение **ЗАПОМНИЛОСЬ**. При решении олимпиадных задач очень часто нужно знать какой-то специальный прием, сразу видеть, на какую теорему или закон данная задача.

К сожалению, эти советы непригодны при решении задач научных (не говоря уже о житейских): здесь чаще всего неизвестно не только как решать, но и что искать, каковы исходные данные, полны они, недостаточны или избыточны...

По итогам практических занятий на экзамен выносятся 2 оценки: за умение решать задачи (по итогам контрольных и решению домашних задач) и за добросовестность (своевременность и качество работы со списками, пропуски занятий и т.д.). **ВНИМАНИЕ!** Практические занятия зачтены, если: а) есть полные списки понятий по всем темам, б) решены все домашние задачи, в) восстановлены все пропущенные занятия и сданы задолженности, г) зачтены все контрольные работы.

#### 4.5. Изучение теоретического материала.

Практические умения и экспериментальные навыки могут быть получены только на прочной базе знаний, приобретенных при изучении теоретического материала. Но в основе знаний обязательно лежит процесс **ЗАПОМИНАНИЯ, ЗАУЧИВАНИЯ**. Действительно, любая область человеческих знаний - математика, физика, педагогика, медицина - опирается на определённый набор понятий ("производная - это...", "педагогика - это...", "электрический ток - это..."), фактов и явлений ("Волга впадает в Каспийское море", "одноименные заряды отталкиваются", "первым признаком заболевания дизентерией является..."), законов, теорем и закономерностей ("заряд в замкнутой системе сохраняется", "квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов", "приём аспирина способствует снижению температуры больного"), использует собственные графические и символичные средства (чертежи, карты, формулы, схемы); и всё это надо заучить, запомнить, узнать желающему изучить данную науку. Не надо путать зубрёжку и заучивание: в первом случае смысл запоминаемого неизвестен, как в детской считалке "Эне, бене, раба...", так что заучивание теоремы Пифагора не будет зубрёжкой, если осмыслены и заучены понятия "прямоугольный треугольник", "катет", "гипотенуза", "квадрат", "сумма". Вопрос о понимании, осмысливании материала достаточно сложен, чтобы на нём здесь останавливаться; важно, что проработка, осмысливание, понимание нового опирается на уже заученное, усвоенное знание. Не изучавшему английский язык фраза "Ай спик рашн" так же непонятна, как не изучавшему физику - "Ток насыщения пропорционален температуре катода". Очень часто студент заявляет, что он со школы **НЕ ПОНИМАЕТ** физику, а на деле оказывается, что он её **НЕ ЗНАЕТ**; не помнит (или помнит примерно), что такое катод, температура, ток; не заучил, какими буквами обозначаются эти величины и как эти буквы пишутся и читаются. В формуле  $F=ma$  не требуется что-то **ПОНИМАТЬ**; надо **ЗНАТЬ**, что это второй закон Ньютона (а преподавателю помнить, что правильное ударение - на первом слоге, а не последнем); что  $F$  читается как "эф" и обозначает в данной формуле силу (в других формулах эта же буква может обозначать уже постоянную Фарадея, лучистый поток, свободную энергию системы и т.д. - букв в физике давно не хватает, в ходу русский, латинский, греческий алфавиты - до иероглифов еще дело не дошло, а вот всякие штрихи, звездочки, индексы при буквах используются); что сила - это...; что измеряется сила в ньютонах, которые можно сокращенно обозначать буквой Н, а 1 Н - это... И если в данный момент студент **НЕ ПОМНИТ**, что такое масса или в чём измеряется ускорение, то причём здесь понимание? **ФИЗИКУ НАДО УЧИТЬ НАИЗУСТЬ**, как иностранный язык: по десять понятий, формул, обозначений каждый день, по несколько раз, пока не запомнишь - и через год-два **РЕГУЛЯРНЫХ ЗАНЯТИЙ** говоришь. **УЧЕБА ПО НАСТОЯЩЕМУ - ЭТО ТЯЖЁЛЫЙ ТРУД**, и ничего не добьются те, кто мечтает "понимать" физику без ежедневного труда по её **ИЗУЧЕНИЮ**. Корень учения горек, но плоды его (пока хотя бы в виде заслуженной пятерки на экзамене) сладки.

"Но это сколько же надо заучивать, у нас не одна физика!" - скажут иные студенты. Доля истины здесь есть (если забыть, что большинство понятий, законов, формул в курсе общей физики вуза изучалось 5 лет всеми без исключения в школе), поэтому в вузах и существуют преподаватели: они в соответствии с программами отбирают материал и организуют изучение, выделяя важнейшее, помогая и контролируя. Опытный преподаватель знает, что **ВАЖНЕЙШИХ** понятий, формул, явлений, законов, опытов, схем, графиков, констант за семестр

сообщается студентам сотни две-три, и заучить их по силам даже тому, кто ничего не помнит (невероятный случай!) со школы - было бы желание. Рецепт прост: запиши это важнейшее несколько раз (моторная память самая прочная - кто научился ездить на велосипеде, ездит всю жизнь); проговори вслух и послушай товарища (используй слуховую память), подчеркни красной пастой, обведи рамочкой и внимательно рассмотри (зрительная память самая ёмкая - говорят же, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать). Для облегчения студенческого труда всё важнейшее, что требует заучивания наизусть, собрано в разделе 10 рабочей программы и выделено **КРУПНЫМ ШРИФТОМ**.

Однако будущему учителю мало знать предмет, надо ещё уметь его излагать, объяснять другим. В общем-то это искусство, которым овладевают всю жизнь, сплав знаний и **ОПЫТА** человека (недаром со временем учителя начинают платить больше). Но в основе лежит, на мой взгляд, приобретаемое при изучении и в ходе работы умение видеть и излагать свой предмет как **СИСТЕМУ** знаний, а не набор отдельных заученных фактов. Для этого надо **ПОМНИТЬ** не только сами факты, но и связи между ними, их последовательность во времени, степень важности и сложности для восприятия, использование в дальнейшем курсе, необходимость свободного владения, силу эмоционального воздействия и т.д. и т.п. Время на изложение материала, как и время ответа школьника или студента, всегда ограничено; значит, надо помнить и распределение времени с учётом возможных вопросов, да ещё и уметь на ходу перестраиваться в случае каких-то непредвиденных обстоятельств (погас свет; сломался прибор; не получилась демонстрация, на которую опиралось изложение нового материала, и пр.). Каждый из нас помнит со времен школы молодых учителей или практикантов, которые непонятно объясняют, постоянно заглядывая в тетрадку, а то и читая по ней; которые тихо и невнятно говорят и мелко пишут на доске; у которых постоянно не хватает времени и урок заканчивается фразой "Остальное посмотрите дома сами по учебнику". Всё это еще придётся испытать на себе почти каждому студенту в ходе педпрактики; а пока ни слова не говорилось об умении владеть собой в присутствии на уроке проверяющего, видеть по реакции класса степень заинтересованности и понимания, не говорилось об искусстве интересно преподнести самый "сухой" материал и о проблеме проблем - умении поддержать дисциплину на уроке. **УМЕНИЕ - ЭТО ЗНАНИЕ В ДЕЙСТВИИ**. Значит, если хочешь уметь излагать материал, нужно постоянно пробовать это делать, использовать любую возможность: для самого себя, вслух или на бумаге; для товарищей на вечере, собрании, в комнате общежития, перед уроком; для преподавателя на практических занятиях, в ходе теоретического собеседования, на коллоквиуме или экзамене. Можно продолжить аналогию с изучением иностранного языка: мало запомнить, как пишутся, читаются и произносятся слова; нужно ещё знать правила этого языка и обязательно в нём практиковаться, используя любую возможность. Лишь тогда будут понятны вопросы преподавателя и в ответ не выговорятся исковерканные фразы "Заряд порождается изменением магнитного поля", "Камень летит вверх из-за силы инерции" или "Ёмкость проводника определяется его зарядом".

Кстати, аналогия с иностранным языком имеет и прямой смысл: в физике множество понятий обозначается словами иностранных языков, в основном латинского и греческого. Масса, инерция, конденсатор, индукция, трансформатор, поляризация, интерференция, энтропия и др. - нам их приходится заучивать, а итальянцу или англичанину они знакомы с детства как слова родного языка. То же с обозначениями: все без исключения физические величины имеют меру, эталон для сравнения, единицу измерения (в этом заслуга многих поколений физиков; а может ли медицина **ИЗМЕРИТЬ** тяжесть болезни, педагогика - степень мастерства учителя, а психология - силу эмоций?), требуя какой-то буквы для описания количества каждой такой величины. Эти буквы заимствованы в основном из латыни - языка международного общения учёных в пору становления физики как науки. Нам приходится заучивать, что F - обозначение силы, v - скорости, a - ускорения и т.д.; для американца же или итальянца это просто первые буквы соответствующих слов родного языка. Физикам ещё ничего, а как-во медикам или биологам - заучивать названия всех болезней, костей, мышц, лекарств, растений, насекомых на латыни? Вот где зубрёжка!

Итак, важным компонентом искусства педагога является, кроме отличного владения фактическим материалом, умение отобрать данные для конкретного занятия, расположить всё в нужной последовательности, выделить важнейшее, распределить время и пр. Всё это необходимо сделать до занятия и, в идеале, запомнить, что начнётся урок с опроса Петрова и Иванова, затем Сидоров решает домашнюю задачу, и на пятнадцатой минуте изложение темы "Явление электромагнитной индукции" надо начать не с повторения некоторых опытов Фарадея, а с просьбы представить себе жизнь без электроэнергии. На практике так не получается - слишком многое надо запоминать, поэтому все педагоги пишут **ПЛАНЫ ЗАНЯТИЙ**, где отобранный материал расположен в должной последовательности и примерно распределён по времени, где выделены формулы и понятия для записи учащимися, где сделаны какие-то важные для учителя пометки. Студентам на практике и начинающим учителям **ЗАПРЕЩЕНО** вести уроки, не имея предварительно составленных планов, т.к. их наличие - всё же гарантия, хотя и неполная, подготовки к занятию. План не только организует самого учителя, разгружает его память, позволяет накапливать материал и через год не начинать подготовку к занятию с нуля, но и служит мощной психологической поддержкой в ходе изложения новой темы; если что-то забыл, напутал, не сходится ответ в задаче - можно заглянуть в план. Правда, для начинающих здесь кроется опасность чрезмерной привязанности к плану, боязнь оторваться от него; а самые неумелые или ленивые просто-напросто **ЧИТАЮТ** записи вслух (речь не идет, конечно, о какой-то нужной цитате или отрывке произведения). Кроме того, подготовка качественного плана - отбор и запись материала, запоминание всего важного, прорешивание задач, подготовка эксперимента - требует поначалу большого времени, так что первые два-три года работы очень трудны, даже если забыть проблемы неумения поддержать дисциплину, вести классное руководство, говорить с родителями,

быть точным и обязательным, проблемы вхождения в коллектив, бытовые, семейные и пр. и пр. Ведь планы-то нужны к каждому уроку! Ясно, что умению составлять такие планы также надо тщательно учить в вузе.

Поэтому в курсе электромагнетизма изучение теоретического материала строится на базе **ПЛАНОВ ОТВЕТОВ (ДАЙДЖЕСТОВ)**, куда в сжатом виде входит материал лекций в нужной последовательности, причем важнейшие понятия, формулы, явления и пр., которые следует заучить наизусть, лишь упоминаются, а вот весь вспомогательный материал (математические выкладки, схемы, рисунки) приводится более подробно. Дайджесты собраны в разделе 10 рабочей программы. От студента требуется **ПОДГОТОВИТЬСЯ К ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИ ОТВЕТЕ**; переписать план ответа на отдельный листок желательно (включается память!), но не обязательно. Подготовка означает не только заучивание всего, что надо заучить, но и готовность развернуть дайджест в виде подробного и полного ответа, раскрыть математические связи в промежуточных выкладках, указать смысл каждого значка, буквы, рисунка, верно назвать все буквы и т.д. План ответа - не догма, а руководство к действию. Да, следование плану навязывает студенту определенную логику ответа, за которой стоят искусство и опыт преподавателя. Но можно подготовить свой план, следовать своей логике или логике учебника - лишь бы план включал весь материал дайджеста. Дайджест - узаконенная подсказка, где материал целой лекции занимает полстраницы, так что свободное владение дайджестом - уже хороший признак. Дайджест ограничивает и требования преподавателя: за рамки плана ответа его вопросы выходить не должны.

Часть материала нужно изучить самостоятельно, что предполагает подготовку своего плана ответа. **ВНИМАНИЕ!** Это должен быть **ПЛАН, А НЕ ТЕКСТ** ответа, который просто зачитывается. **Чтение заготовленного дома текста совершенно недопустимо!** Такая форма работы с учебником возможна при первой проработке материала для себя, но изложение его оценивающему ответ преподавателю требует гораздо более плотной свёртки информации в памяти.

Составление и проработка планов ответа не только готовят студента к будущей профессиональной деятельности, но и разгружают его память за счёт вспомогательного материала, промежуточных математических выкладок и пр., концентрируя внимание на основном. Дайджесты определяют тот объём ответа, которого ожидает преподаватель, причём он вправе требовать глубокого усвоения всего материала дайджеста (в том числе и вывода физических формул, т.к. запоминать вывод не надо). Разумеется, студент может использовать любой дополнительный к дайджесту материал.

Ясно, что неполный или некачественно проработанный план ответа гарантирует снижение оценки. Это следует из тех простых соображений, что каждый дайджест включает материал примерно одной лекции, т.е. на подготовку и проработку его надо затратить 2-3 часа - труд немалый и непростой, требующий использования всех видов памяти, изучения конспекта лекций и учебников, дополнительной литературы. И если этих часов интенсивной работы не было, дайджест принесёт мало пользы. Качество подготовки, т.е. умение свободно и правильно говорить на **ФИЗИЧЕСКОМ ЯЗЫКЕ**, будет проверяться в ходе теоретического собеседования в лаборатории, на коллоквиумах и на экзамене.

Фактический материал для части дайджестов не удастся найти в учебниках по той простой причине, что он туда ещё не успел попасть. Это также одна из проблем преподавания, особенно острая из-за быстрого развития современной науки: часть знаний постоянно приходится обновлять и пополнять. Представителям естественных дисциплин - физикам, химикам, биологам - в сравнении с преподавателями общественных и гуманитарных дисциплин приходится работать гораздо меньше, т.к. основная часть их теоретического багажа не устареет никогда: пока существует наша Вселенная, в ней будут верны законы Ньютона, периодическая система Менделеева, уравнения Максвелла и законы наследственности. Помочь в обновлении знаний призваны научно-популярные журналы "Наука и жизнь", "Техника - молодёжи", "Знание - сила", "В мире науки" и другие, оперативно публикующие информацию о новейших достижениях науки и техники. К сожалению, практика показывает, что многие наши студенты и не подозревают о существовании таких журналов, не говоря уже о регулярном их чтении. Они ещё не знают, что достаточно преподавателю несколько раз не ответить на вопросы любознательных учеников о рентгеновских лазерах, проблеме высокотемпературной сверхпроводимости, проекте межзвёздного автомата или возможности путешествия во времени с помощью туннелей в пространстве - и с мечтой об авторитете придётся надолго, если не навсегда, проститься.

Итак, при изучении теоретического материала действуй так.

а) Серьёзно настройся на **ЗАУЧИВАНИЕ** важнейшего материала, выделенного в разделе 4 пособия [1]. Используй все виды памяти, не забывая главного: повторение - мать учения, а регулярную работу (по 10 понятий и формул **КАЖДЫЙ** день) не заменит никакой штурм перед экзаменом.

б) Учись говорить на **ПРАВИЛЬНОМ** физическом языке. Заучи, какими буквами обозначаются физические величины в курсе, как эти буквы пишутся и читаются. Правильно произноси фамилии ученых. Не забывай единицы всех величин, значения ряда констант. Часть таких сведений собрана в разделе 6 пособия [1]. Там же собраны сведения из математики, незнание которых наиболее часто подводит студентов - значения тригонометрических функций, геометрические данные, операции с векторами, простейшие производные, интегралы и т.п.

в) Учись **ГОВОРИТЬ** на физическом и математическом языке, излагать материал. Основное оружие учителя - слово. А много ли приходится школьнику говорить на уроках? По подсчетам В. Ф. Шаталова - в лучшем случае 2 минуты в день. И вот этот "молчаливый" школьник поступает на физмат. Здесь возможностей может быть еще меньше - лекции, практические и лабораторные занятия могут быть организованы так (хотя это, на мой взгляд, неверно), что за семестр студент вообще ни разу не побеседует с преподавателем. А как такой педагог будет работать в школе или вузе? Поэтому постоянно читай литературу и конспекты лекций (много читающие

люди не помнят правил родного языка, но правильно говорят и пишут); внимательно слушай речь преподавателей, стараясь не пропустить ни единого занятия; слушай ответы товарищей и запоминай их ошибки - но самое главное, используй любую возможность потренироваться в изложении материала на ИРС, консультации, практическом занятии, в лаборатории, на коллоквиуме, для соседа по общежитию и т.д. и т.п.

г) Работай **РЕГУЛЯРНО**. Перед новой лекцией просмотрите материал предыдущей; сразу выясните все непонятное на консультации, в учебнике или у товарищей. Не оставляйте подготовку планов ответа и проработку самостоятельного материала, особенно по научно-популярной литературе, на потом: одного дня перед экзаменом всегда не хватает, а проработка таких тем требует длительных поисков в библиотеках многих научно-популярных журналов.

#### **4.6. Отработка экспериментальных и практических умений.**

Преподаватель информатики и физики, в отличие от математика или историка, должен не только умело излагать теоретический материал, но и владеть навыками экспериментатора. Собрать сеть класса, подключить принтер, устранить простейшую неисправность, пользоваться осциллографом и другими измерительными приборами - всё это надо уметь. Тем более это справедливо для будущего физика-экспериментатора. И главная проблема для выпускника (и особенно выпускницы) - незнание и боязнь приборов, неумение работать руками. Выход один - приобретать экспериментальные навыки, регулярно работая с приборами, причем именно своими руками, а не глядя со стороны. **ВПРИГЛЯДКУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ НАВЫКИ НЕ ПРИОБРЕТЁШЬ**. Попробуй-ка научиться вождению автомобиля с пассажирского сидения!

Поэтому студентам не только демонстрируется лекционный физический эксперимент, но и даётся возможность поработать в лаборатории. При добросовестной самоподготовке - первая часть отчёта и вопросы к допуску готовы, теоретическое собеседование сдано с первого раза - на эксперимент остаётся до трёх часов в неделю. Этого вполне достаточно для тщательного проведения измерений, которые сравнительно просты, освоения оборудования (оно сознательно взято, в значительной части, учебного типа) и отработки наиболее важных экспериментальных навыков (работа с измерительными приборами, сборка и проверка работоспособности электрических схем и пр. - см. раздел 4.5). Эти навыки будут контролироваться не только при сдаче лабораторных работ, но и на экзамене. Необходимые для приобретения навыков знания и умения указаны в разделе 9.2. На их основе студент составляет **СВОЁ** описание опытов, которое можно взять на экзамен.

Практические умения - это набор заданий качественного плана (иногда вместе с опытом или расчётом) по темам курса, которые традиционно вызывают затруднения у студентов. Их проработка будет осуществляться на лекциях, лабораторных и практических занятиях, а также самостоятельно. Свои записи к этим заданиям также можно принести на экзамен.

#### **4.7. Порядок сдачи экзамена.**

Экзамен включает 2 части: собеседование по теоретическому материалу; проверку экспериментально-практических умений и навыков. Вначале у **каждого** студента проверяется наличие планов ответов и записей ко второй части. При их отсутствии **студент может быть не допущен к экзамену**. Проверяется также, соответствуют ли планы ответов по сжатости предлагаемым ниже дайджестам: **тексты ответов, конспекты лекций, учебники и т.п. запрещены**, а всё, что требовалось заучить, должно быть в памяти, а не на бумаге.

Если у студента не выполнены какие-то лабораторные работы, имеются задолженности по практическим занятиям, не сданы контрольные работы - он не выполнил учебный план и на экзамен не допускается. Если задолженность невелика (не сдан 1 список понятий, не показано 1 домашнее задание и пр.), то можно договориться ликвидировать её на консультации перед экзаменом или даже в начале экзамена, пока готовятся первые студенты. Но этого времени очень мало...

Затем студент получает билет или номер соответствующих теоретического вопроса и экспериментального умения и готовится с помощью планов ответа, записей, оборудования лаборатории. Первая, теоретическая часть ответа должна строиться в форме изложения, беседы, а не чтения подготовленного текста, поэтому заново переписывать план ответа нет необходимости.

На экзамене проверяются: полнота раскрытия теоретического вопроса и свобода владения основными физическими понятиями; качество подготовки вопросов для самостоятельного изучения; качество владения экспериментальными и практическими умениями и навыками. Экзамен не сдан, если любая из трех оценок неудовлетворительна. Кроме того, итоговая оценка в зачётке учитывает оценки по итогам работы в семестре: за теоретические собеседования при сдаче лабораторных работ; за эксперимент в лаборатории; за решение задач. Второй билет даваться, как правило, не будет.



#### 4.8. Матрица соответствия формируемых компетенций и разделов дисциплины

№ п/п	Номер раздела	Компетенции				Сумма
		ИД-1.ОПК-1	ИД-2.ОПК-1;	ИД-3.ОПК-1;	ИД-1.ОПК-2;	
1	1	+	+	+	+	4
2	2	+	+	+	+	4
3	3	+	+	+	+	4
4	4	+	+	+	+	4

### 5. Содержание дисциплины

#### 5.1 Содержание подразделов дисциплины.

##### Часть 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электрический заряд и его свойства. Модели распределения заряда. Закон Кулона. Теории далеко- и близкодействия. Электрическое поле, его свойства. Напряжённость электрического поля, силовые линии. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда, системы зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряжённости и потенциала. Работа в электростатическом поле. Его потенциальность. Поток вектора напряжённости. Теорема Гаусса. Расчёт поля заряженной нити, плоскости и двух плоскостей.

Диполь в электрическом поле. Электрическое поле в диэлектрике. Смысл диэлектрической проницаемости. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Расчёт некоторых полей в присутствии диэлектриков.

Свойства заряженного проводника в электростатике. Высоковольтный генератор. Проводник в электрическом поле. Электростатическая защита. Электрическое поле Земли. Электрическая ёмкость проводника. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия заряженного тела. Энергия электрического поля.

##### Часть 2. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Электрический ток. Сила и плотность тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для металлического проводника. Сторонние силы и ЭДС. Закон Ома для участка цепи с ЭДС и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. КПД источника тока

Опыт Стюарта и Толмена. Природа тока в металлах. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца классической электронной теорией (КЭТ); её трудности. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость полупроводников

Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумные приборы: диод, триод, электронно-лучевая трубка. Холодная эмиссия; другие виды эмиссий.

Законы Вольта. Их объяснение классической электронной теорией. Термоэлектрические явления в контакте металлов; термопара, термобатарея, их применение.

Контактные явления в полупроводниках. Запирающий слой. Полупроводниковые диод и триод.

Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Электролиз, законы Фарадея; применение электролиза. Гальванические элементы. Аккумуляторы.

Газовый разряд, условия его возникновения, вольтамперная характеристика. Четыре вида разрядов, их применение. Молния. Плазма.

##### Часть 3. МАГНЕТИЗМ.

Магнитное поле, его описание. Закон Ампера. Круговой ток в магнитном поле. Магнитный момент витка с током. Закон Био-Савара. Принцип суперпозиции. Поле кругового и прямого токов. Закон полного тока (теорема о циркуляции для магнитного поля). Вихревой характер этого поля. Поле тороида и соленоида Теорема Гаусса для магнитного поля. Магнитное поле в веществе. Диа- и парамагнетики. Магнитные свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма. Ферримагнетики.

Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле. Эффект Холла. Работа в магнитном поле; магнитный поток

##### Часть 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Два механизма появления индукционного тока. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. Бетатрон. Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. Явления при замыкании и размыкании цепи с индуктивностью. Явление взаимной индукции; трансформатор. Энергия магнитного поля. Магнитное поле Земли

Получение переменной ЭДС. Квазистационарный переменный ток: сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи такого тока. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для переменного тока. Резонанс токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение переменного тока.

Собственные колебания электрического колебательного контура. Затухающие колебания. Добротность. Вынужденные колебания и резонансные явления в контуре. Получение незатухающих колебаний с помощью электронных приборов

Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, его решение. Электромагнитные волны. Энергия и скорость электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн Опыты Герца. Шкала электромагнитных волн

## 5.2. Примерная тематика лекций (31 лекция по 2 часа) и перечень лекционных демонстраций

### Часть 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

1. Электрический заряд и его свойства. Модели распределения заряда. Закон Кулона. Теории далеко- и близкодействия.

**Демонстрации.** 1. Взаимодействие зарядов разного знака. 2. Закон сохранения заряда.

2. Электрическое поле, его свойства. Напряжённость электрического поля, силовые линии. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя.

**Демонстрации.** 1. Близкодействие невидимого (закрытого экраном) магнита на скрепку. 2. Вид силовых линий поля точечных зарядов разного знака. 3. Вид силовых линий поля диполя.

3. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда, системы зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряжённости и потенциала. Работа в электростатическом поле. Его потенциальность.

**Демонстрации.** 1. Вычисление напряжённости по разности потенциалов с помощью электрической вилки.

4. Поток вектора напряжённости. Теорема Гаусса. Расчёт поля заряженной нити, плоскости и двух плоскостей.

5. Диполь в электрическом поле. Электрическое поле в диэлектрике. Смысл диэлектрической проницаемости.

**Демонстрации.** 1. Явление поляризации диэлектрика. 2. Изменение электрического поля в присутствии диэлектрика.

6. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Расчёт некоторых полей в присутствии диэлектриков. Пьезоэффекты; электреты.

7. Свойства заряженного проводника в электростатике. Высоковольтный генератор. Проводник в электрическом поле. Электростатическая защита. Электрическое поле Земли.

**Демонстрации.** 1. Эквипотенциальность поверхности заряженного проводника. 2. Влияние кривизны поверхности заряженного проводника на поверхностную плотность заряда. 3. Явление электростатической индукции.

8. Электрическая ёмкость проводника. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия заряженного тела. Энергия электрического поля.

**Демонстрации.** 1. Ёмкость проводящего шара. 2. Изменение ёмкости плоского конденсатора. 3. Энергия конденсатора. 4. Эпи-, диа-, мультимедиа проекции: батарея конденсаторов на 2 Ф; ионисторы.

### Часть 2. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

9. Электрический ток. Сила и плотность тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для металлического проводника.

**Демонстрации.** Неэквипотенциальность поверхности проводника с постоянным током.

10. Сторонние силы, ЭДС. Законы Ома для участка цепи с ЭДС и замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.

**Демонстрации.** Разные виды источников тока.

11. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. КПД источника тока

**Демонстрации.** Мощность постоянного тока в цепи с последовательно и параллельно соединёнными резисторами.

12. Опыт Стюарта и Толмена. Природа тока в металлах. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца классической электронной теорией (КЭТ); её трудности.

**Демонстрации.** Зависимость сопротивления металла от температуры.

13. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость полупроводников.

**Демонстрации.** 1. Термистор. 2. Фоторезистор.

14. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумные приборы: диод, триод, электронно-лучевая трубка. Холодная эмиссия; другие виды эмиссий.

**Демонстрации.** 1. Мощные вакуумные лампы. 2. Эпи-, диа-, мультимедиа проекции: ионный проектор; атомная структура вольфрамового острия; электронный просвечивающий и растровый электронный микроскоп (РЭМ); вид вируса гриппа в РЭМ; сканирующий туннельный микроскоп (СТМ); вид поверхности под СТМ.

15. Законы Вольта. Их объяснение классической электронной теорией. Термоэлектрические явления в контакте металлов; термопара, термобатарея, их применение.

**Демонстрации.** 1. Термопара. 2. Термобатарея.

16. Контактные явления в полупроводниках. Запирающий слой. Полупроводниковые диод, триод и лазер, вентильный фотоэлемент.

**Демонстрации.** 1. Вентильный фотоэлемент. 2. Полупроводниковый лазер. 3. Эпи-, диа-, мультимедиа проекции: полупроводниковая термобатарея; изотопный генератор; мобильный реактор «Ромашка»; миниатюрные изотопные источники; гетероструктура полупроводникового лазера; большие и сверхбольшие интегральные схемы.

17. Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Электролиз, законы Фарадея; применение электролиза. Гальванические элементы. Аккумуляторы.

**Демонстрации.** 1. Проводимость раствора поваренной соли. 2. Электролиз.

18. Газовый разряд, условия его возникновения, вольтамперная характеристика. Четыре вида разрядов, их применение. Молния. Плазма.

**Демонстрации.** 1. Несамостоятельная проводимость воздуха. 2. Самостоятельный искровой и тлеющий разряды.

### Часть 3. МАГНЕТИЗМ.

19. Магнитное поле, его описание. Закон Ампера. Круговой ток в магнитном поле. Магнитный момент витка с током. Закон Био и Савара. Принцип суперпозиции. Поле кругового и прямого токов.

**Демонстрации.** 1. Взаимодействие постоянных магнитов. 2. Опыт Эрстеда. 3. Взаимодействие параллельных проводов с постоянным током. 4. Воздействие постоянного магнита на провод с постоянным током. 5. Вид силовых линий поля кольцевого и прямого токов.

20. Закон полного тока (теорема о циркуляции для магнитного поля). Вихревой характер магнитного поля. Магнитное поле тороида и соленоида. Магнитное поле Земли. Теорема Гаусса для магнитного поля.

**Демонстрации.** Вид силовых линий поля соленоида.

21. Магнитное поле в веществе. Слабые и сильные магнетики. Диа- и парамагнетики.

**Демонстрации.** Парамагнетизм алюминия.

22. Магнитные свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма Ферромагнетики.

**Демонстрации.** 1. Температура Кюри для стали. 2. Шумы Баркгаузена.

23. Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле. Эффект Холла и его применение. МГД-генератор. Работа в магнитном поле; магнитный поток и его вычисление.

**Демонстрации.** 1. Сила Лоренца. 2. Эпи-, диа-, мультимедиа проекции: циклические ускорители заряженных частиц; микротроны; МГД-генератор; проблема управляемого термоядерного синтеза (УТС); установка «Токамак»; международный термоядерный реактор.

#### **Часть 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ**

24. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Два механизма появления индукционного тока. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. Бетатрон.

**Демонстрации.** 1. Две серии опытов Фарадея. 2. Вихревые токи.

25. Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. Явления при замыкании и размыкании цепи с индуктивностью. Явление взаимной индукции; трансформатор. Энергия магнитного поля.

**Демонстрации.** Явления при замыкании и размыкании цепи с катушкой индуктивности.

26. Получение переменной ЭДС. Квазистационарный переменный ток: сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи такого тока. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для переменного тока.

**Демонстрации.** 1. Получение переменной ЭДС. 2. Сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока.

27. Резонанс токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение переменного тока.

**Демонстрации.** Резонанс напряжений.

28. Собственные колебания электрического колебательного контура. Затухающие колебания. Добротность.

**Демонстрации.** Собственные колебания реального электрического колебательного контура.

29. Вынужденные колебания и резонансные явления в контуре. Получение незатухающих колебаний с помощью электронных приборов

**Демонстрации.** 1. Получение незатухающих автоколебаний с помощью электронных приборов. 2. Резонансные явления в контуре.

30. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, его решение. Электромагнитные волны.

31. Энергия и скорость электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн. опыты Герца. Шкала электромагнитных волн. Принцип радиосвязи и радиолокации. Телевидение.

**Демонстрации.** 1. Излучение электромагнитных волн. 2. опыты Герца.

### **5.3. Тематика практических занятий и задания для самостоятельной работы к ним (16 занятий по 2 часа).**

Каждое занятие занимает 2 часа и требует самостоятельной работы в объёме 2 часов. Время самостоятельной работы тратится на подготовку (письменное раскрытие в тетради) списков понятий, используемых на занятии, и письменное решение домашнего задания. Перед контрольной работой следует проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по всем темам контрольной работы.

Для задолжников по практическим занятиям (спискам понятий или решению домашних заданий) могут предлагаться добавочные задачи. Используемая литература.

#### **Рекомендуемые пособия.**

1. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики.

2. Беликов Б.С. Решение задач по физике.

3. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения.

#### **Используемые задачки.**

1. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике.

2. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики.

#### **Часть 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА.**

**ЗАНЯТИЕ 1. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции.**

Электромагнитное взаимодействие. Электрический заряд. Его свойства: два вида зарядов, их взаимодействие; элементарный заряд "е", его носители; дискретность; релятивистская инвариантность; закон сохранения заряда.

Модели заряженных тел: точечный заряд; заряженные нить, поверхность, объём. Линейная, поверхностная и объёмная плотности заряда. Вычисление заряда тела с их помощью.

Закон Кулона в вакууме, его физическое содержание; название и смысл всех обозначений в формуле. (ВНИМАНИЕ! ЭТО НАДО БУДЕТ СДЕЛАТЬ ВО ВСЕХ ФОРМУЛАХ ВСЕХ СПИСКОВ, ХОТЯ УПОМИНАТЬСЯ БОЛЬШЕ НЕ БУДЕТ!). Направление силы; границы применимости закона.

Десятичные приставки: Гига (Г), Мега (М), кило (к), санти (с), милли (м), микро (мк), нано (н), пико (п).

Электрическое поле. Вектор напряжённости  $E$ , его смысл, направление. Сила, действующая на точечный заряд  $q$  в точке поля напряжённостью  $E$ . Напряжённость поля точечного заряда. Однородное поле. Принцип суперпозиции для поля точечных и распределённых зарядов.

Электрический диполь; дипольный момент  $p$ .

Силовая линия. Вид силовых линий поля точечного заряда, диполя, однородного поля.

По ходу раскрытия списка указать единицы всех вводимых электрических величин в системе СИ (ВНИМАНИЕ! ЭТО НАДО БУДЕТ СДЕЛАТЬ ДЛЯ ВСЕХ ПОНЯТИЙ ВСЕХ СПИСКОВ, ХОТЯ УПОМИНАТЬСЯ БОЛЬШЕ НЕ БУДЕТ!).

### Домашнее задание № 1

1. Считая протон и электрон в атоме водорода неподвижными точечными зарядами, удалёнными на  $5 \cdot 10^{-11}$  м, найти напряжённость электрического поля в точках В и С (см. рис.3.1).

2. Одинаковые шарики массой по 0.2 г имеют равные заряды по 10 нКл и подвешены на нити, как показано на

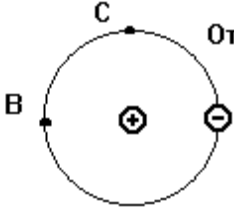


Рис.3.1.

Ответ:  $4.3 \cdot 10^{11}$  В/м  
и  $4.2 \cdot 10^{11}$  В/м.

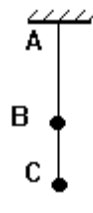


Рис.3.2.

рис.3.2, на расстоянии  $BC = 3$  см. Найти силу натяжения нити на участках АВ и ВС. Рассмотреть случаи зарядов одного и разных знаков (4 и 3 мН, 4 и 1 мН).

3. Сколько избыточных электронов содержит пылинка массой  $10^{-11}$  г, если в поле горизонтального плоского конденсатора с расстоянием между пластинами 5 мм при напряжении 76.5 В она находится в равновесии? (40)

4. Одинаковые металлические шарики с зарядами  $+q$  и  $+4q$  находились на расстоянии  $г$ . Затем шарики соприкоснулись. На какое расстояние надо их развести, чтобы сила взаимодействия не изменилась? (1.25г)

5. В однородное поле напряжённостью 40 кВ/м внесли точечный заряд 27 нКл. Найти напряжённость результирующего поля в 9 см от заряда на линиях, проходящих через заряд: а) на силовой линии однородного поля; б) на прямой, перпендикулярной силовым линиям. (70 и 10, 50 и 50 кВ/м).

6. Два заряда по 25 нКл удалены на 24 см. С какой силой действуют они на третий заряд 2 нКл, удалённый на 15 см от каждого из двух первых зарядов, если они одноимённые? разноимённые? (24 и 32 мкН).

Добавочные задачи (обязательны только для задолжников по домашним заданиям!): Сахаров Д.И. "Сборник задач по физике", 20-3, 20-6. Далее задачник Д.И. Сахарова будет обозначаться буквой С.

### ЗАНЯТИЕ 2. Потенциал. Работа электрического поля. Связь напряжённости и потенциала.

Потенциал электростатического поля; его смысл. Потенциал поля нескольких зарядов. Потенциальная энергия точечного заряда в точке поля с известным потенциалом. Работа перемещения заряда в поле. Разность потенциалов, её отличие от изменения потенциала, смысл. Прямая и обратная связь  $E$  и  $\phi$ .

Потенциал поля точечного заряда. Эквипотенциальные поверхности; их вид для поля точечного заряда, диполя, однородного поля.

### Домашнее задание № 2

1. В вершинах правильного 6-угольника стороной 5 см находятся равные точечные заряды 6.6 нКл. Найти работу электрических сил по перемещению заряда 3.3 нКл из центра 6-угольника в середину одной из сторон.

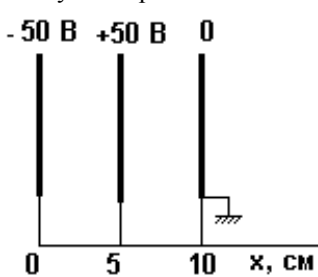


Рис.3.3

(2.5 мкДж).

2. Шарик массой 1 г и зарядом 10 нКл перемещается из точки А с потенциалом 600 В в точку В с нулевым потенциалом. Какой была его скорость в точке А, если в точке В она стала 20 см/с? (16.7 см/с).

3. В однородном поле напряжённостью 1 кВ/м перемещён заряд -25 нКл на 2 см по силовой линии. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии заряда, разность потенциалов начальной и конечной точек поля. (-0.5 и 0.5 мкДж, 20 В)

4. Какой станет кинетическая энергия покоившегося заряда 1 нКл при разгоне его полем из точки, находившейся на расстоянии 3 см от точечного заряда 1 мкКл, в точку, удалённую на 10 см? (210 мкДж)

5. Покоившийся электрон получил в однородном поле ускорение  $10^{12}$  м/с<sup>2</sup>. Найти: напряжённость поля; скорость частицы через 1 мкс; работу поля и разность потенциалов, пройденную электроном за это время. (5.7 В/м, 1 Мм/с,  $4.5 \cdot 10^{-19}$  Дж, 2.8 В)

6. На рис.3.3 дано положение заряженных пластин и их потенциалы. Начертить силовые линии электрического поля, построить графики зависимости напряжённости и потенциала между пластинами в зависимости от расстояния X.

Добавочные задачи: С.21-13, 21-17.

### ЗАНЯТИЕ 3. Теорема Гаусса. Поле в диэлектриках.

Поток вектора напряжённости; его смысл. Теорема Гаусса. Напряжённость и потенциал полей бесконечных равномерно заряженных нити, плоскости, двух разноименно заряженных параллельных плоскостей; вид силовых линий и эквипотенциальных поверхностей этих полей.

Свободные (сторонние) и связанные заряды. Диэлектрик. Вектор поляризованности, его смысл. Поверхностная плотность связанных зарядов. Диэлектрическая восприимчивость. Относительная диэлектрическая проницаемость, связь её с восприимчивостью, смысл. Закон Кулона в безграничном однородном жидком (газообразном) диэлектрике. Напряжённость и потенциал поля точечного заряда в этом случае.

Вектор электрического смещения (электростатической индукции); связь его с напряжённостью и поляризованностью. Теорема Гаусса для вектора смещения

#### Домашнее задание № 3.

1. На плоскости, наклонённой к горизонту под углом  $60^\circ$ , лежит монета диаметром 2 см. Каков поток вектора напряжённости электрического поля Земли ( $E \approx 130$  В/м) через её поверхность? (0.02 В/м)

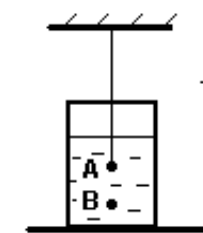


Рис.3.4

2. С помощью теоремы Гаусса рассчитать поле длинного цилиндра радиуса R, заряженного по поверхности с постоянной плотностью  $\sigma$ . Ответ:  $E = 0$  для  $r < R$  и  $E = \sigma R / (\epsilon_0 r)$  для  $r > R$ .

3. Две пластины площадью  $S = 2$  дм<sup>2</sup> находятся в керосине ( $\epsilon = 2$ ) на расстоянии  $d = 4$  мм. С какой силой они взаимодействуют при разности потенциалов  $U = 150$  В? Ответ:  $F = \epsilon \epsilon_0 U^2 S / (2d^2) = 0.25$  мН.

4. Найти плотность связанных зарядов на поверхностях слюдяной пластинки ( $\epsilon = 7$ ) толщиной 0.2 мм, служащей изолятором плоского конденсатора под напряжением 400 В. ( $100$  мкКл/м<sup>2</sup>)

5. На каком удалении от погружённого в керосин ( $\epsilon = 2$ , плотность  $800$  кг/м<sup>3</sup>) шарика А (рис.3.4) с зарядом  $7$  нКл находится стальная пылинка В объёмом  $9$  мм<sup>3</sup> (плотность стали  $7800$  кг/м<sup>3</sup>) с зарядом  $-2.1$  нКл, если она находится в равновесии? (1 см)

6. Найти заряд положительного шарика массой  $0.18$  г из вещества плотностью  $1800$  кг/м<sup>3</sup>, уравновешенного в жидком диэлектрике плотностью  $900$  кг/м<sup>3</sup>, где создано направленное вверх однородное поле напряжённостью  $45$  кВ/м. (20 нКл)

Добавочные задачи: С.20-25, 23-4.

### ЗАНЯТИЕ 4. Поле в проводниках. Ёмкость проводника. Конденсаторы.

Энергия заряженного тела и электрического поля.

Свободный заряд. Проводник. Свойства заряженного проводника: распределение поля, заряда, потенциала, вид силовых линий поля. Те же свойства для незаряженного проводника, внесённого в электрическое поле.

Ёмкость проводника; её смысл. Ёмкость шара. Конденсатор. Его ёмкость. Ёмкость плоского конденсатора. Ёмкость при соединении конденсаторов; распределение зарядов и напряжений.

Энергия заряженного тела и конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.

#### Домашнее задание № 4

1. Определить ёмкость плоского конденсатора площадью обкладок  $S = 200$  см<sup>2</sup>, если между обкладками находится стекло ( $\epsilon_1 = 7$ ) толщиной  $d_1 = 1$  мм, покрытое с обеих сторон слоем парафина ( $\epsilon_2 = 2$ ) толщиной  $d_2$  по 0.2 мм. Ответ:  $C = \epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S / (\epsilon_2 d_1 + 2\epsilon_1 d_2) = 516$  пФ.

2. Пластины плоского воздушного конденсатора площадью  $300$  см<sup>2</sup> раздвинуты на 3 мм. Между ними помещена металлическая пластина той же площади толщиной 1 мм, конденсатор заряжен до 600 В и отсоединён от источника питания. Найти работу удаления пластины из конденсатора (12 мкДж).

3. Шар радиусом 5 см, заряженный до потенциала 100 кВ, соединили проводником с незаряженным шаром радиусом 6 см. Найти заряд и потенциал каждого шара после соединения (250 и 300 нКл, 45 кВ).

4. На погружённом в керосин проводящем шаре диаметром 6 см находится заряд 20 нКл. Найти объёмную плотность энергии электрического поля на удалении 2 и 4 см от центра шара (0 и 1,1 мДж/м<sup>3</sup>).

5. Пластины плоского конденсатора площадью  $200$  см<sup>2</sup> разделены слоем слюды ( $\epsilon = 6$ ) толщиной 2 мм. Какой наибольший заряд можно сообщить конденсатору, если допустимо напряжение 3 кВ? (1.6 мкКл)

6. Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Во сколько раз изменились энергия и объёмная плотность энергии поля, если конденсатор: а) отключили от источника, б) не отключали. (Упала вдвое, не изменилась; выросли в 2 и 4 раза)

Добавочные задачи: С.24-16, 24-30.

### Часть 2. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

#### ЗАНЯТИЕ 5. Сила и плотность постоянного тока.

Сторонние силы и ЭДС. Законы Ома.

Электрический ток. Сила тока; её смысл. Ток проводимости; конвекционный ток. Плотность тока; её смысл и связь со скоростью движения зарядов тока проводимости. Связь силы и плотности тока.

Постоянный ток. Его сила. Связь силы тока и числа элементарных зарядов, протекающих через поперечное сечение проводника.

Смысл электрического сопротивления. Сопротивление проводника постоянного сечения. Закон Ома для проводника в интегральной и дифференциальной формах. Смысл удельного сопротивления. Резистор. Сопротивление при параллельном и последовательном соединении резисторов; распределение токов и напряжений при этом. Шунт и добавочное сопротивление; их величина.

Источник тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила (ЭДС); её смысл. Электрическая цепь. Закон Ома для участка цепи с ЭДС; правило знаков. Напряжение и разность потенциалов. Закон Ома для замкнутой цепи.

Домашнее задание № 5.

1. При зарядке аккумулятора током 3 А соединённый с ним вольтметр показывает 4.25 В, а при разрядке током 4 А - 3.9 В. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора (4.1 В, 50 мОм).

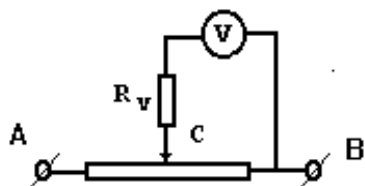


Рис.3.5.

2. Гальванический элемент даёт на внешнее сопротивление 4 Ом ток 0.2 А, а на сопротивление 7 Ом - 0.14 А. Найти ток его короткого замыкания, когда внешнее сопротивление близко к нулю (0.47 А).

3. От источника напряжением 45 В надо питать спираль сопротивлением 20 Ом, рассчитанную на напряжение 20 В. Есть три реостата а) 6 Ом, 2 А; б) 30 Ом, 4 А; в) 800 Ом, 0.6 А. Какой из них нужно использовать? (Доказать, что второй)

4. Элемент с ЭДС 1.1 В внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на сопротивление 9 Ом. Найти ток в цепи и падение потенциала вне и внутри элемента. (0.11 А, 0.99 и 0.11 В)

5. К зажиму В и скользящему контакту С реостата сопротивлением 60 Ом подключен вольтметр (рис.3.5). Когда длина левой (на рисунке) части обмотки реостата вдвое больше длины правой части, вольтметр показывает 8 В, а при перемещении контакта С к точке А до конца - 28 В. Найти сопротивление вольтметра, считая напряжение между точками А и В постоянным. (80 Ом)

6. Четыре лампы, рассчитанные на напряжение 3 В и силу тока 0.3 А, надо включить параллельно и питать от источника напряжением 5.4 В. Какой резистор надо включить последовательно лампам? Как изменится накал ламп, если одну из них отключить? (2 Ом; увеличится)

Добавочные задачи: С.25-13, 25-20.

#### ЗАНЯТИЕ 6. Разветвлённые цепи. Правила Кирхгофа.

Узел, ветвь, контур. Разветвлённые цепи. Первое и второе правила Кирхгофа; правила знаков к ним.

Выбор направления токов в ветвях; общее число уравнений; число независимых уравнений по 1-му правилу; признак независимости уравнений по 2-му правилу; действительное направление токов в ветвях.

Домашнее задание № 6.

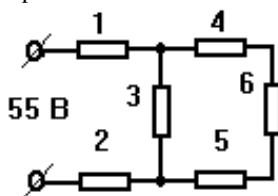


Рис.3.6.

1. В цепи (см. схему на рис.3.6) все сопротивления одинаковы и равны 2 Ома. Найти ток и напряжение для всех резисторов. ( $I_1=I_2=10$  А,  $I_3=7.5$  А,  $I_4=I_5=I_6=2.5$  А;  $U_1=U_2=20$  В,  $U_3=15$  В,  $U_4=U_5=U_6=5$  В).

2. Три гальванических элемента ( $E_1=1.3$  В,  $E_2=1.5$  В,  $E_3=2$  В,  $r_1=r_2=r_3=0.2$  Ома) подключены, как на рис.3.7, к сопротивлению 0,55 Ом. Найти токи в элементах. ( $I_1=1.5$  А,  $I_2=2.5$  А,  $I_3=4$  А).

3. На схеме (рис.3.8) сопротивления  $R_1=R_2=R_3=R_4=1000$  Ом,  $E_1=1.5$  В,  $E_2=1.8$  В. Найти токи. ( $I_1=0.4$ ,  $I_2=0.7$ ,  $I_3=1.1$  мА,  $I_4=0$ ).

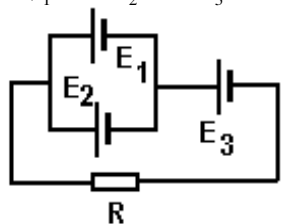


Рис.3.7.

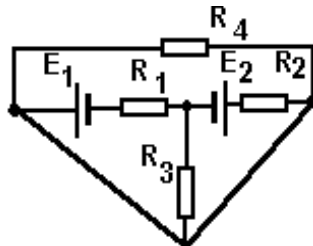


Рис.3.8.

4. Три элемента с ЭДС 1.3, 1.4 и 1.5 В и внутренними сопротивлениями по 0.3 Ом каждый включены параллельно друг другу на внешнее сопротивление 0.6 Ом. Найти токи в элементах. (1/3, 2/3 и 1 А)

5. Найти разность потенциалов на зажимах двух включенных параллельно элементов, если их ЭДС 1.4 и 1.2 В и внутренние сопротивления - 0.6 и 0.4 Ом соответственно. (1.28 В)

6. Два элемента с ЭДС 2 В и внутренними сопротивлениями 1 и 1.5 Ом соединены последовательно и подключены к сопротивлению 0.5 Ом. Найти разность потенциалов на полюсах элементов. (2/3 В и 0)

Добавочные задачи: С.26-16, 26-18.

#### ЗАНЯТИЕ 7. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. Источники тока.

Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока на участке цепи и в замкнутой цепи. Полезная мощность и КПД источника тока. Условие получения максимума полезной мощности в замкнутой цепи постоянного тока.

Определение общих ЭДС и внутреннего сопротивления при параллельном и последовательном соединении одинаковых элементов.

Зависимость сопротивления металлов от температуры.

#### Домашнее задание № 7.

1. Батарея состоит из 5 последовательно соединённых элементов с ЭДС 1.4 В и внутренним сопротивлением 0.3 Ом. При каком токе её полезная мощность равна 8 Вт? Какова максимальная полезная мощность? (8/3 или 2 А; 49/6 Вт).

2. Найти работу тока на участке сопротивлением 12 Ом, где ток в течение 5 с равномерно вырос с 2 до 10 А. (2480 Дж).

3. Найти работу электрических сил и выделение тепла за 1 с в таких случаях: а) в проводе с током 1 А под напряжением 2 В; б) в аккумуляторе с ЭДС 1.3 В, заряжаемом током 1 А под напряжением 2 В; в) в батарее аккумуляторов с ЭДС 2.6 В, отдающей на внешнее сопротивление ток 1 А под напряжением 2 В. Ответы: а) +2 и +2 Дж; б) +2 и +0.7 Дж; в) -2 и +0.6 Дж.

4. Генератор питает 50 соединённых параллельно ламп сопротивлением 300 Ом каждая, и напряжение на его зажимах равно 120 В. Внутреннее сопротивление генератора - 0.1 Ом, сопротивление подводящих проводов - 0.4 Ом. Найти ЭДС генератора, силу тока в линии, напряжение на лампах, полезную мощность, потери мощности внутри генератора и в подводящих проводах. (20 А, 130 В, 120 В, 2 кВт, 40 Вт, 160 Вт)

5. На лампе написано 220 В, 100 Вт. Для измерения сопротивления вольфрамовой нити на лампу подали напряжение 2 В, и ток был равен 54 мА. Оценить температуру накала нити в рабочем состоянии. ( $\approx 2500^\circ\text{C}$ )

6. От источника с ЭДС  $\epsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$  питают 3 включенных последовательно резистора сопротивлением  $3r$  каждый. Как изменится ток в цепи, напряжение на зажимах источника и полезная мощность, если резисторы включить параллельно? (Рост в 5, падение в 1.8, рост в 2.8 раза)

Добавочные задачи: С.27-2, 27-9.

#### ЗАНЯТИЕ 8. Электрический ток в различных средах.

Носители тока в металлах. Дрейф. Скорость распространения поля. Концентрация атомов металла с известными массой килограмм-атома и плотностью.

Смысл работы выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Устройство вакуумного диода.

Электролиты. Носители тока в них. Заряд иона с известной валентностью. Электролиз. Два закона Фарадея для электролиза. Смысл электрохимического эквивалента и постоянной Фарадея; химический эквивалент.

Газовый разряд; два условия его возникновения. Носители тока в газе. Самостоятельный и несамостоятельный разряд. График вольтамперной характеристики газового разряда; ток насыщения. Подвижность носителей тока; её смысл. Плотность тока несамостоятельного разряда; плотность тока насыщения несамостоятельного разряда.

Полупроводник. Собственный и примесный полупроводники; носители тока в них. Зависимость сопротивления полупроводников от температуры.

#### Домашнее задание № 8.

1. Определить импульс всех электронов провода длиной 10 км с постоянным током 400 А. ( $2.3 \cdot 10^{-5}$  кг·м/с).

2. Амперметр в цепи электролитической ванны с раствором  $\text{AgNO}_3$  показывает ток 0.9 А. Так ли это, если за 5 мин выделилось 316 мг серебра? (Нет, 0.94 А)

3. Между электродами разрядной трубки, удалёнными на 10 см, напряжение 5 В. Число пар ионов  $10^8$   $1/\text{м}^3$ , причём подвижность положительных ионов -  $0.03$   $\text{м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ , отрицательных -  $300$   $\text{м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ . Найти плотность тока в трубке. Какую часть тока создаёт движение положительных ионов? ( $0.24$   $\text{мкА}/\text{м}^2$ ;  $0.0001$ ).

4. Найти ток насыщения ионизационной камеры с удалёнными на 6.2 см плоскими электродами площадью по  $100$   $\text{см}^2$ , если внешний ионизатор образует за 1 с  $10^9$  пар одновалентных ионов каждого знака в  $1$   $\text{см}^3$ . (100 нА).

5. Концентрация электронов проводимости в Ge при комнатной температуре равна  $3 \cdot 10^{19}$   $\text{м}^{-3}$ . Какая часть атомов даёт электроны, если плотность германия  $5400$   $\text{кг}/\text{м}^3$ , а молярная масса -  $73$   $\text{кг}/\text{кмоль}$ . ( $6.7 \cdot 10^{-10}$ ).

6. В электронно-лучевой трубке пучок электронов с кинетической энергией  $W = 8$  кЭв пролетает между управляющими пластинами длиной  $x = 4$  см, удалёнными на расстояние  $d = 2$  см. Какое напряжение  $U$  подали на пластины, если пучок на выходе из них сместился на  $y = 0.8$  см? ( $U = 4Wyd / ex^2 = 3.2$  кВ)..

Добавочные задачи: С.29-6, 30-2.

**В часы ИРС** - контрольная работа по электростатике и постоянному току.

Проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по занятиям 1-8.

#### Часть 3. МАГНЕТИЗМ.

#### ЗАНЯТИЕ 9. Закон Био-Савара. Поля токов различной конфигурации.

Магнитное поле. Направление вектора магнитной индукции. Вектор элемента тока; его направление. Закон Био-Савара; направление (правило буравчика) и модуль индукции. Напряжённость  $H$  магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара для поля  $H$ . Принцип суперпозиции.

Величина и направление полей  $B$  и  $H$  в центре кругового тока; то же для точек на оси кругового тока. Вектор магнитного момента рамки с током; его направление. Величина и направление полей  $B$  и  $H$  прямого тока конечной длины и бесконечного прямого тока. Силовая линия (линия индукции). Вид силовых линий магнитного поля кругового и длинного прямого токов.

Домашнее задание № 9.

1. По трём длинным параллельным прямым проводам, расположенным в одной плоскости на равном расстоянии 3 см, текут токи  $I_1 = I_2$  в одном и  $I_3 = 2I_1$  в противоположном направлении. Найти положение прямой с нулевой напряжённостью суммарного поля. (Если ток  $I_3$  с краю, то в 1 см от среднего провода; если  $I_3$  посередине, то решения нет).

2. По 2-м длинным параллельным прямым проводам, расположенным на расстоянии 5 см, текут в одном направлении токи 5 и 10 А. Найти напряжённость поля в точке, удалённой на 2 см от первого и 5 см от второго провода. (56 А/м).

3. Найти напряжённость поля в центре прямоугольника со сторонами  $a = 16$  и  $b = 30$  см, обтекаемого током  $I = 6$  А. Ответ:  $H = 2 I (a^2 + b^2)^{1/2} / \pi ab = 27$  А/м.

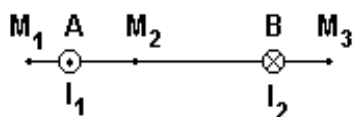


Рис.3.9.

4. Найти напряжённость поля, созданного током  $I = 5$  А, текущим по проводу в виде правильного треугольника стороной  $a = 30$  см, в вершине правильного тетраэдра, построенного на этом треугольнике. Ответ:  $H = I\sqrt{3} / (6\pi a) = 1.5$  А/м.

5. По проводу, согнутому в виде кольца радиусом 11 см, течёт ток 14 А. Найти напряжённость поля в центре кольца и в точке на оси кольца, удалённой на 10 см от его плоскости. (64 и 26 А/м)

6. Два длинных параллельных прямых провода А и В с токами  $I_1 = 20$  и  $I_2 = 30$  А (на рис.3.9 показаны направления токов) находятся на расстоянии  $AB = 10$  см. Найти напряжённость поля в точках  $M_1, M_2$  и  $M_3$ , если  $M_1A = 2$  см,  $AM_2 = 4$  см и  $BM_3 = 3$  см. (120, 159 и 135 А/м)

Добавочные задачи: С.31-12, 31-13.

ЗАНЯТИЕ 10. Закон полного тока. Магнитное поле Земли.

Циркуляция вектора напряжённости магнитного поля  $\Gamma = ?$ . Закон полного тока; правило знаков. Вид силовых линий магнитного поля тороида.

Поля В и Н тонкого тороида и длинного соленоида; то же на краю длинного соленоида. Вид силовых линий магнитного поля тороида и соленоида.

Вид силовых линий магнитного поля Земли и полосового постоянного магнита. Величина магнитного поля Земли в Горно-Алтайске.

Домашнее задание № 10.

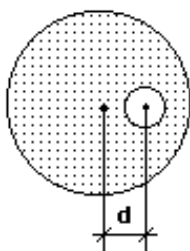


Рис.3.10.

1. Найти напряжённость поля на удалении  $r = 0.5$  см от оси круглого медного провода радиусом  $R = 2$  см с током  $I = 500$  А. ( $I r / 2\pi R^2 = 1$  кА/м).

2. По длинному горизонтальному проводу, нормальному плоскости магнитного меридиана, на запад идёт ток 15 А. Величина поля Земли 40 А/м, угол наклона (с поверхностью)  $70^\circ$ . Указать точку вблизи середины провода, где результирующее поле равно нулю. Какова напряжённость поля на 5 см выше и ниже провода? (На 2.1 см ниже и 5.6 см южнее провода; около 70 и 50 А/м).

3. По длинному прямому соленоиду с плотностью намотки 35 витков на 1 см длины, течёт ток силой 2 А. Найти напряжённость поля вблизи середины соленоида и в центре одного из его оснований. (7000 и 3500 А/м)

4. На торе диаметрами внутренним 10 и внешним 40 мм равномерно намотаны 500 витков. Найти максимум и минимум напряжённости поля при токе в обмотке 5 А. (около 20 и 80 кА/м)

5. Внутри длинного прямого цилиндрического провода с постоянной плотностью тока  $j$  имеется цилиндрическая полость, ось которой параллельна оси провода и удалена от неё на расстояние  $d$  (рис.3.10). Найти напряжённость поля в полости. ( $H = jd / 2$ . Поле однородно и нормально направлением  $j$  и  $d$ )

6. Прямой длинный соленоид плотно намотан в один слой проволокой диаметром 0.8 мм. Найти напряжённость поля в центре соленоида при токе в 1 А. (1250 А/м)

Добавочные задачи: С.31-9, 31-24.

ЗАНЯТИЕ 11. Сила Ампера. Сила Лоренца.

Сила Ампера; её направление (правила буравчика и левой руки) и модуль. Сила, действующая на прямой ток в однородном магнитном поле. Модуль и направление сил взаимодействия 2-х параллельных прямых токов.

Магнитный момент рамки из  $N$  одинаковых витков. Вращающий момент, действующий на рамку с током в однородном магнитном поле; его направление (правило буравчика). Взаимодействие постоянных магнитов.

Сила Лоренца; её модуль, направление. Радиус окружности, описываемой заряженной частицей, влетающей в однородное магнитное поле под прямым и произвольным углом к силовым линиям.

Домашнее задание № 11.

1. Из проволоки длиной 20 см сделали сначала квадратный, затем круглый контур. Найти действующие на них вращающие моменты в однородном поле индукцией 0.1 Тл, если ток в контурах 2 А, а их плоскость составляет угол  $45^\circ$  с направлением поля. (0.35 и 0.45 мН·м).

2. Электрон движется в магнитном поле индукцией  $B = 2$  мТл по винтовой линии радиусом  $R = 2$  см и шагом (расстоянием между витками)  $h = 5$  см. Найти скорость электрона. Ответ:  $v = eB(h^2 + 4\pi^2 R^2)^{1/2} / 2\pi m = 7.6$  Мм/с.



3. Найти нормальное и тангенциальное ускорения электрона, движущегося со скоростью  $v$  в совпадающих по направлению электрическом  $E$  и магнитном  $B$  полях, если а) скорость направлена вдоль полей, б) перпендикулярна им. Ответ: а)  $a_n=0$ ,  $a_t=eE/m$ ; б)  $a_t=0$ ,  $a_n=e(B^2v^2+E^2)^{1/2}/m$ .

4. Горизонтальный проводник длиной  $l$  и массой  $m$  подвешен на тонких проволочках в вертикальном однородном магнитном поле. Найти индукцию  $B$  этого поля, если при пропускании по проводнику тока  $I$  он отклоняется от вертикали на угол  $\alpha$ . [ $B = mg \cdot \operatorname{tg}\alpha / (I \cdot l)$ ].

5. По кольцу из свинцовой проволоки диаметром  $d = 10$  см сечением  $S = 0.7$  мм<sup>2</sup> идёт ток  $I = 7$  А, и проволока нагрета почти до плавления. Порвётся ли она при включении однородного поля индукцией  $B=1$  Тл, перпендикулярного плоскости кольца, если прочность свинца на разрыв при таком нагреве  $p=2$  Н/мм<sup>2</sup>? [Нет. Для разрыва нужно поле  $B = 2Sp/(Id) = 4$  Тл]

6. Электрон со скоростью  $10$  Мм / с влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно его силовым линиям. Какова индукция поля, если электрон описал окружность радиусом  $1$  см? ( $5.6$  мТл)

Добавочные задачи: С.31-30, 31-48.

#### ЗАНЯТИЕ 12. Магнитное поле в веществе. Магнитный поток.

Магнетик. Гипотеза Ампера о природе магнетизма. Причина появления собственного поля в магнетике, внешнем во внешнее поле; полное поле такого магнетика. Магнитная проницаемость вещества; её смысл.

Вектор намагниченности  $J$ . Смысл введения вектора  $H$  при описании поля в магнетике. Магнитная восприимчивость; её связь с магнитной проницаемостью. Связь индукции, напряжённости и намагниченности.

Диа-, пара-, ферромагнетик; их восприимчивость, проницаемость, вид зависимости  $J(H)$ . Основная кривая индукции и петля гистерезиса ферромагнетика.

Магнитный поток; его смысл. Потокосцепление.

#### Домашнее задание № 12.

1. На железное кольцо сечением  $7$  см<sup>2</sup> и средним диаметром  $15$  см равномерно навито  $500$  витков провода с током  $0.6$  А. Считая индукцию по сечению одинаковой, найти магнитный поток. При каком токе поток будет  $840$  мкВб? Здесь и в задачах ниже взять кривую индукции на стр.90 ( $700$  мкВб и  $1$  А).

2. Ток  $I = 20$  А идёт по полой тонкостенной трубе радиусом  $R = 5$  см и обратно по сплошному проводнику радиусом  $r = 1$  мм, проложенному по оси трубы. Длина трубы  $l=20$  м. Найти магнитный поток такой системы, пренебрегая полем внутри металла. Ответ:  $\Phi = \mu_0 I l (\ln R/r) / 2\pi = 313$  мкВб.

3. По цилиндрическому медному проводу радиусом  $R = 2$  см и длиной  $l=3$  м течёт ток  $I = 500$  А. Найти магнитный поток, пронизывающий одну из половин осевого сечения провода. ( $\Phi = \mu_0 I l / 4\pi = 150$  мкВб)

4. Два одинаковых железных кольца средним диаметром  $10$  см имеют обмотки по  $100$  витков каждое. В одном из колец сделан поперечный разрез шириной  $1$  мм. По обмотке сплошного кольца идёт ток  $2$  А. Какой ток нужно пустить по обмотке разрезанного кольца для получения той же, что в сплошном, индукции. Считать магнитный поток в железе и воздухе одинаковым. ( $10$  А)

5. По графику кривой индукции определить магнитную проницаемость железа при напряжённости  $400$  и  $1600$  А/м. (Около  $1700$  и  $670$ )

6. Внутри соленоида сечением  $100$  см<sup>2</sup> индукция поля равна  $2$  мТл. Каким станет магнитный поток, если в соленоид ввести железный сердечник, заполняющий сечение полностью? Во сколько раз он вырастет? ( $1,4$  мВб; в  $700$  раз)

Добавочные задачи: С.31-21, 31-41.

#### Часть 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

#### ЗАНЯТИЕ 13. Явление электромагнитной индукции (ЭМИ).

Явление ЭМИ. Закон Фарадея. Индукционный ток; его сила. Правило Ленца. Заряд, протекающий в контуре, помещённом в меняющееся магнитное поле. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле.

#### Домашнее задание № 13.

1. Плоскость кругового контура радиусом  $2$  см сопротивлением  $1$  Ом нормальна силовым линиям однородного поля индукцией  $0.2$  Тл. Какой заряд пройдет по контуру при повороте его на  $90^\circ$ . ( $250$  мкКл).

2. Плоскость квадратной рамки из медной проволоки сечением  $1$  мм<sup>2</sup> площадью  $25$  см<sup>2</sup> перпендикулярна однородному магнитному полю, индукция которого меняется как  $B=B_0 \sin 100\pi t$ , где  $B_0=0.01$  Тл. Найти зависимость от времени магнитного потока через рамку, ЭДС индукции и тока в ней. ( $\Phi=25 \sin 100\pi t$  мкВб;  $E = -7.85 \cos 100\pi t$  мВ;  $i=2.3 \cos 100\pi t$  А).

3. Найти ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части  $0.25$  м, движущемся в однородном магнитном поле индукцией  $8$  мТл со скоростью  $5$  м/с под углом  $30^\circ$  к силовым линиям. ( $5$  мВ).

4. Сколько витков содержит обмотка сечением  $50$  см<sup>2</sup>, если при изменении в ней за  $5$  мс поля  $B$  с  $0.1$  до  $1.1$  Тл возникает ЭДС индукции  $100$  В? ( $100$ )

5. При вращении металлов электроны перераспределяются, создавая электрическое поле. С какой частотой должен вращаться вокруг вертикальной оси горизонтальный медный диск, чтобы это поле исчезло, если вертикальную составляющую магнитного поля Земли принять равной  $40$  А/м. ( $1.4 \cdot 10^6$  об/с)

6. На деревянном тонком цилиндре длиной  $l=20$  см плотно намотаны две медные проволоки сечением  $S=2$  мм<sup>2</sup>. Одна из них замкнута накоротко. Какой заряд пройдёт по ней, если вторую подключить к аккумулятору с ЭДС  $\varepsilon = 2$  В и малым внутренним сопротивлением? ( $q = \mu_0 \varepsilon S^2 / 4\pi l \rho^2 = 13.8$  мКл)

Добавочные задачи: С.32-9, 32-16.

ЗАНЯТИЕ 14. Явления самоиндукции и взаимной индукции. Энергия контура с током и магнитного поля.

Явление самоиндукции. Индуктивность (коэффициент самоиндукции) контура; её смысл. ЭДС самоиндукции. Индуктивность соленоида.

Явление взаимной индукции. Устройство трансформатора. Коэффициент трансформации; отношение токов и напряжений.

Работа перемещения контура с током в магнитном поле. Энергия контура с током. Объёмная плотность энергии магнитного поля.

Домашнее задание № 14.

1. Катушка с железным сердечником имеет длину 50 см, площадь поперечного сечения  $10 \text{ см}^2$  и 1000 витков. Найти индуктивность катушки при токах 0.1, 0.2 и 1 А. Использовать график индукции из раздела 6 пособия [1]. (8, 5 и 1.45 Гн)

2. В соленоид длиной 50 см с плотностью намотки  $400 \text{ м}^{-1}$  и площадью поперечного сечения  $10 \text{ см}^2$  вставили ферромагнитный сердечник, так что при токе 5 А магнитный поток составил 1.6 мВб. Найти индуктивность соленоида и магнитную проницаемость сердечника в этих условиях. (64 мГн и 640).

3. Формула индуктивности  $L = \mu_0 \mu N^2 S / l$  справедлива лишь для длинного соленоида. На практике нужно учитывать отношение диаметра соленоида  $D$  к его длине  $l$ . Для этого правую часть умножают на эмпирический коэффициент  $k$ , значение которого при однослойной равномерной намотке дано в таблице:

D/l	0.00	0.02	0.1	0.2	0.33	0.5	1	2	5	10	100
k	1.00	0.992	0.959	0.92	0.872	0.818	0.688	0.526	0.32	0.203	0.035

С учётом таблицы найти индуктивность: а) однослойной катушки длиной 10 см из витков диаметром 5 см, если диаметр проволоки 0.5 мм; б) кольца диаметром 10 см из проволоки диаметром 1 мм. (0.81 мГн; 0.35 мкГн)

4. Обмотка электромагнита индуктивностью 0.2 Гн имеет сопротивление 10 Ом и находится под постоянным напряжением. За какое время в обмотке выделится тепло, равное энергии магнитного поля сердечника? (10 мс)

5. Найти ЭДС самоиндукции в обмотке электромагнита индуктивностью 0.4 Гн, где сила тока равномерно выросла на 5 А за 20 мс. (100 В)

6. Индуктивность катушки из 1000 витков с железным сердечником сечением  $20 \text{ см}^2$  - 20 мГн. При каком токе индукция поля в катушке равна 1 мТл? (0.1 А)

Добавочные задачи: С.31-21, 31-42.

ЗАНЯТИЕ 15. Закон Ома для переменного тока. Мощность в цепи переменного тока.

Переменный ток. Синусоидальный переменный ток: его уравнение, мгновенное значение, амплитуда, фаза, начальная фаза, круговая (циклическая) частота и её связь с частотой и периодом, график. Амплитуда, частота, круговая частота и период сетевого напряжения.

Активное (омическое), индуктивное и ёмкостное сопротивления в цепи переменного тока. Закон Ома и векторная диаграмма для резистора, конденсатора и катушки индуктивности в цепи переменного тока. Закон Ома и векторная диаграмма для последовательно соединённых активного сопротивления, ёмкости и индуктивности. Угол сдвига фаз тока и напряжения. Реактивное и полное сопротивление (импеданс) такой цепи.

Действующие (эффективные) значения переменного синусоидального тока и напряжения; их смысл. Мощность в цепи переменного тока. Коэффициент мощности; его смысл и способ увеличения. Условие наибольшей полезной мощности в цепи переменного тока.

Домашнее задание № 15.

1. Найти ёмкость конденсатора, при включении которого в розетку (220 В, 50 Гц) идёт ток 2.5 А. (36 мкФ)

2. Найти ток в цепи из последовательно соединённых конденсатора ёмкостью 20 мкФ и резистора сопротивлением 150 Ом, включенных в сеть (110 В, 50 Гц). Каковы напряжения на конденсаторе и резисторе? (0.5 А; 80 и 75 В)

3. При включении в розетку (220 В, 50 Гц) последовательно соединённых конденсатора ёмкостью 10 мкФ и дросселя активным сопротивлением 120 Ом по цепи идёт ток 1 А. Найти индуктивность дросселя. (1.6 Гн)

4. В сеть 120 В, 50 Гц включили соединённые параллельно конденсатор ёмкостью 20 мкФ и дроссель сопротивлением 100 Ом, индуктивностью 0.5 Гн. Найти токи через конденсатор, дроссель и общий ток из сети. (0.75, 0.64, 0.4 А)

5. При включении в сеть  $U=120 \text{ В}$  (50 Гц) последовательно соединённых резистора сопротивлением  $R=20 \text{ Ом}$  и дросселя напряжение на дросселе  $U_2=91 \text{ В}$ , а на резисторе  $U_1=44 \text{ В}$ . Какие мощности  $P_2$  и  $P_1$  потребляют дроссель и резистор? Ответ:  $P_1=U_1^2/R=97 \text{ Вт}$ ,  $P_2=(U^2 - U_1^2 - U_2^2)/2R=105 \text{ Вт}$ .

6. При включении в сеть переменного тока соединённых параллельно резистора сопротивлением 50 Ом и дросселя из сети потребляется ток 4.5 А. Какие мощности потребляют дроссель и резистор, если по дросселю идёт ток 2.8 А, а по резистору - 2.5 А? (154 и 312 Вт).

Добавочные задачи: С.33-22, 33-23.

ЗАНЯТИЕ 16. Резервное. Его содержание определит ведущий преподаватель в зависимости от ситуации в семестре (наличия задолжников, попадания занятий на праздники и т.д.).

В часы ИРС - контрольная работа по магнетизму и электромагнитным явлениям.  
 Проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по занятиям 9-15.

### 5.3.1. ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ПОНЯТИЙ.

#### ЗАНЯТИЕ 1. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции.

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ** - взаимодействие тел, имеющих электрический заряд. **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД** - физическая величина, количественно характеризующая способность тела к электромагнитному взаимодействию. **ЕДИНИЦА ЗАРЯДА** - 1 Кулон (Кл). **ДВА ВИДА ЗАРЯДОВ**: **ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ** - заряд стеклянной палочки, потёртой о шёлк; **ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ** - заряд эбонитовой палочки, потёртой о шерсть. **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАРЯДОВ**: заряды одного знака отталкиваются, разных - притягиваются. **ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ЗАРЯД** - наименьший, свободно существующий в природе. Обозначается "е" и равен  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. **НОСИТЕЛИ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЗАРЯДА** - протон (+е) и электрон (-е). **ДИСКРЕТНОСТЬ**: любой заряд включает целое число элементарных. **РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ** - независимость заряда тела от скорости его движения. **ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДА**: в замкнутой системе заряд неизменен.

**МОДЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ТЕЛ**: **ТОЧЕЧНЫЙ ЗАРЯД** - заряженное тело, размерами которого можно пренебречь; **ЗАРЯЖЕННАЯ НИТЬ** - заряженное тело, у которого есть лишь длина, а шириной и высотой можно пренебречь; **ЗАРЯЖЕННАЯ ПОВЕРХНОСТЬ** - тело, где заряд распределён лишь по поверхности; **ЗАРЯЖЕННЫЙ ОБЪЁМ** - тело, где заряд распределён по объёму. **ПЛОТНОСТИ ЗАРЯДА**: **ЛИНЕЙНАЯ**  $\tau = dq/dl$  (единица Кл/м), **ПОВЕРХНОСТНАЯ**  $\sigma = dq/dS$  (единица Кл/м<sup>2</sup>), **ОБЪЁМНАЯ**  $\rho = dq/dV$  (единица Кл/м<sup>3</sup>). **ИХ СМЫСЛ**: показывают, какой заряд приходился бы на единицу длины, площади и объёма тела, если бы плотность заряда была одинаковой во всех точках тела. **ЗАРЯД ТЕЛА**: для точечного заряда - q; для нити  $q = \int \tau dl$ ; для поверхности  $q = \int \sigma dS$ ; для объёма  $q = \int \rho dV$ . Для случая постоянной плотности заряда:  $q = \tau l$ ,  $q = \sigma S$  и  $q = \rho V$ .

**ЗАКОН Кулона В ВАКУУМЕ**:  $F = (q_1 \cdot q_2) / (4\pi\epsilon_0 r^2) = 9 \cdot 10^9 \cdot q_1 \cdot q_2 / r^2$ . Здесь F - сила взаимодействия точечных зарядов  $q_1$  и  $q_2$ ; r - расстояние между ними;  $\epsilon_0 = 8,82 \cdot 10^{-12}$  Фарад/м (Ф/м) - электрическая постоянная. **НАПРАВЛЕНИЕ СИЛЫ**: по прямой, соединяющей заряды, притяжение или отталкивание в зависимости от их знаков.

**ДЕСЯТИЧНЫЕ ПРИСТАВКИ**: Гига (Г) -  $10^9$ , Мега (М) -  $10^6$ , кило (к) -  $10^3$ , санти (с) -  $10^{-2}$ , милли (м) -  $10^{-3}$ , микро (мк) -  $10^{-6}$ , нано (н) -  $10^{-9}$ , пико (п) -  $10^{-12}$ .

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ** - одно из проявлений **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**, т.е. особого вида материи, осуществляющего электромагнитное взаимодействие

заряженных тел. **ВЕКТОР НАПРЯЖЁННОСТИ**  $\vec{E} = dF/dq$ . **ЕГО СМЫСЛ**: силовая характеристика электрического поля, показывающая, какая сила действовала бы на точечный положительный заряд в 1 Кл в данной точке поля. **ЕДИНИЦА**: 1 Вольт/м (1 В/м). **НАПРАВЛЕНИЕ**: совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд в этой точке. **СИЛА, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА ТОЧЕЧНЫЙ ЗАРЯД q В ТОЧКЕ ПОЛЯ С**

**НАПРЯЖЁННОСТЬЮ**  $\vec{E}$ :  $\vec{F} = \pm q\vec{E}$ . **ВЕЛИЧИНА НАПРЯЖЁННОСТИ ПОЛЯ ТОЧЕЧНОГО ЗАРЯДА**  $E = q/(4\pi\epsilon_0 r^2)$ . **ОДНОРОДНОЕ ПОЛЕ** - поле, величина и направление которого одинаково во всех точках.

**ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ**: для поля n точечных зарядов суммарная напряжённость равна геометрической сумме напряжённостей полей всех зарядов

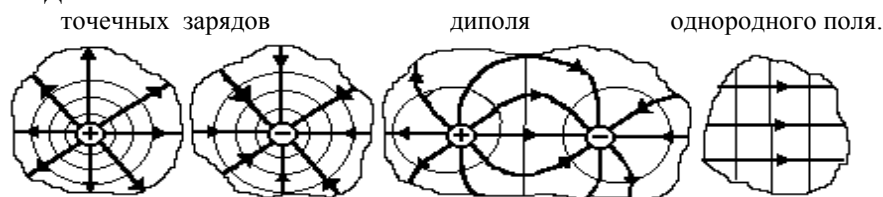
$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i;$$

для поля непрерывно распределённых зарядов  $\vec{E} = \int d\vec{E}$ .

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДИПОЛЬ**: система двух зарядов равной величины q и разного знака, расстояние l между которыми много меньше расстояния до точки наблю-

дения. **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ (ДИПОЛЬНЫЙ) МОМЕНТ**  $\vec{p} = q \vec{l}$ , где вектор  $\vec{l}$  - от -q к +q.

**СИЛОВЫЕ ЛИНИИ** (линии напряжённости E) - линии, к которым вектор E касателен во всех точках, а **ГУСТОТА** (число линий через единицу площади, нормальной линиям во всех точках) пропорциональна модулю E. **ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ПОЛЕЙ**:



#### 5.4. Тематика лабораторных работ и задания для самостоятельной работы к ним (12 занятий по 4 часа).

Каждое занятие занимает 4 часа и требует самостоятельной работы в объёме 6 часов. Время самостоятельной работы тратится на подготовку (письменное раскрытие в тетради) первой части отчёта по работе, подготовку к сдаче допуска и к теоретическому собеседованию, в том числе по самостоятельно изучаемым темам.

Работа № 1 (вводная). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ.

На занятии изучаются порядок работы в лаборатории, правила техники безопасности, измеряются различные электрические величины (ток, напряжение и сопротивление). Перед занятием НУЖНО ПОВТОРИТЬ МАТЕРИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА», ПРОЙДЕННОЙ НА 1 КУРСЕ: электроизмерительные приборы (обозначения на шкалах, предел измерения, цена деления, погрешность измерения и пр.); обозначения в электрических схемах; расчёт погрешности измерений. ТОЛЬКО ЭТА РАБОТА ПРОХОДИТ ФРОНТАЛЬНО. ВСЕ ПРОЧИЕ ВЫПОЛНЯЮТСЯ В ДВА ЦИКЛА.

#### *ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Обозначения на шкалах приборов. Три системы приборов. Предел измерения, цена деления, приборная погрешность измерения.
2. Измерения авометрами АВО-5, АВО-63 и мостиком ММВ.
3. Измерения школьным демонстрационным гальванометром.
4. Обозначения в электрических схемах.
5. Органы управления источников питания РНШ, В-24, ВУП, ВС 4-12.
6. Вычисление максимальной погрешности измерений.

#### *ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Объяснив назначение всех клемм и ручек выпрямителя (типов В-24, ВУП, ВС 4-12 и пр.), авометром измерить все напряжения, правильно выбирая пределы измерений, шкалы, вид тока и пр.
2. В собранной на столе электрической цепи объяснить назначение всех элементов, начертить схему цепи и устранить все причины, мешающие горению лампочки (в том числе с помощью омметра найти место обрыва цепи).
3. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного вольтметра, назначение всех клемм и добавочных сопротивлений, измерить им напряжение в сети и на клеммах выпрямителя ВУП.
4. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного амперметра, назначение всех его клемм и шунтов, измерить ток через реостат, подсоединенный к выпрямителю типа В-24.
5. Измерив напряжение на реостате, подсоединенном к выпрямителю В-24, найти ток через него и рассчитать погрешность измерения.

#### **Первый цикл – работы с номерами 2-6.**

Работа № 2. ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО И ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФОВ.

#### *ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Теория близкодействия. Электрическое поле, его основные свойства. Напряжённость электрического поля, силовые линии. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя.
2. Потенциал. Потенциал поля точечных зарядов, системы зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряжённости и потенциала. Работа в электростатическом поле. Его потенциальность.
3. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумные приборы: диод, триод, электронно-лучевая трубка. Холодная эмиссия; другие виды эмиссий.

#### *ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Назначение основных блоков осциллографа: электронно-лучевой трубки, усилителей, питания, развертки и синхронизации.
2. Назначение органов управления (переключателей, регуляторов, клемм и пр.) осциллографа и звукового генератора.
3. Порядок включения осциллографа; основные возможные причины отсутствия луча. Подготовка осциллографа к работе.
4. Как по виду изображения синусоидального сигнала на экране определить, надо ли менять частоту генератора развертки и в какую сторону?
5. Должен ли работать генератор развертки для получения фигур Лиссажу? Как его отключить?
6. Объяснить устройство и принцип действия цифрового осциллографа на базе ПК "Ямаха".

#### *ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Используя звуковой генератор и В-24 (или РНШ) как источники переменного тока, получить на экране осциллографа фигуры Лиссажу для нескольких отношений частот.
  2. Подав от звукового генератора 3 сигнала разной частоты (50, 200 и 500 Гц) и амплитуды (выходы 5, 600 и 2000 Ом), получить на экране осциллографа устойчивое изображение периода синусоиды с примерно равной амплитудой.
  3. С помощью цифрового осциллографа измерить данные напряжения на выходе звукового генератора.
- Примечание: от генератора подавать на цифровой осциллограф напряжение не выше 10 В (!) и частотой не выше 500 Гц.

Работа № 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.

#### *ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Свойства заряженного проводника в электростатике. Высоковольтный генератор. Проводник в электрическом поле. Электростатическая защита. Электрическое поле Земли.

#### *ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Показать работу с авометром и звуковым генератором ГЗШ.

2. Объяснить порядок измерений в работе: построение эквипотенциальных поверхностей и силовых линий, вычисление напряжённости с помощью вилки, порядок сравнения расчётных и экспериментальных данных при изучении поля двух плоскостей.

#### *ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Собрав установку для исследования электрических полей, с помощью вилки найти направление силовых линий поля двух пластин и показать, что это поле близко к однородному; найдя его напряжённость с помощью вилки и теоретически (по расстоянию между пластинами и напряжению между ними), сравнить результаты.

Примечание: от ГЗШ подавать на пластины напряжение не выше 30 В частотой 500 Гц.

2. Дано электрическое поле с потенциалом, указанным преподавателем (например,  $\varphi=5x^2+3y+5$ ). Заряд +1 нКл помещён в точку А(1,2) этого поля. Найти энергию заряда и действующую на него в точке А силу, а также работу перемещения в точку В(3,4).

3. Для предложенной преподавателем системы зарядов найти напряжённость и потенциал электрического поля в заданной точке.

#### **Работа № 4а. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ И ЗАВИСИМОСТИ ЕГО ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТОДОМ МОСТИКОВОЙ СХЕМЫ УИТСТОНА.**

(работы 4а и 4б выполняются на одном занятии)

#### *ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Электрический ток. Сила и плотность тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для металлического проводника.

2. Сторонние силы и ЭДС. Закон Ома для участка цепи с ЭДС и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.

3. Опыты Стюарта и Толмена, Манделъштама и Папалекси. Природа тока в металлах. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца классической электронной теорией; её трудности.

#### *ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений и назначение элементов схемы.

2. Описать порядок измерений мостиком ММВ.

#### *ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Омметром (прибором типа ММВ) измерить сопротивления двух катушек, а затем, соединяя их параллельно и последовательно, сравнить полученные в опытах данные с расчётными.

2. По известным чувствительности и сопротивлению школьного демонстрационного гальванометра найти сопротивление шунта, который надо включить с гальванометром для измерения тока до 3 А. Результат сравнить (прибором ММВ) с сопротивлением аналогичного шунта, имеющегося при гальванометре.

3. По чувствительности и сопротивлению школьного гальванометра найти величину добавочного сопротивления, необходимого для измерения постоянного напряжения до 15 В. Результат сравнить (прибором ММВ) с добавочным сопротивлением при гальванометре.

#### **Работа № 4б. ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА В МЕТАЛЛАХ И ГРАДУИРОВКА ТЕРМОПАРЫ.**

#### *ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Законы Вольта. Их объяснение КЭТ. Термоэлектрические явления в контакте металлов; термопара, термо-батарея, их применение.

#### *ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать ход измерений и смысл обозначений в формуле термоЭДС.

2. Как в той же электрической цепи получить эффект Пельтье? Который из контактов нагреется?

#### *ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Отградуировать термопару, определив её коэффициент термоЭДС.

2. Определив направление тока в цепи термопары, найти, в каком металле концентрация электронов больше. Какой спай нагреется за счет эффекта Пельтье при указанной преподавателем полярности внешней ЭДС?

#### **Работа № 5а. ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЫ**

(работы 5а и 5б выполняются на одном занятии)

#### *ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость полупроводников.

#### *ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений и назначение элементов схемы.

2. Объяснить смысл всех обозначений в расчетной формуле.

#### *ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Сняв зависимость сопротивления полупроводника от температуры, найти ширину его запрещенной зоны.

#### **Работа № 5б. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА. ПОЛУЧЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАММ ПОДВОДИМОГО И ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЙ.**

#### *ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Контактные явления в полупроводниках. Запирающий слой. Полупроводниковые диод и триод.

#### *ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок замеров и назначение частей схем.

2. Указать путь тока в схеме одно- и двухполупериодного выпрямителей. Одинаковы ли амплитуды осциллограмм подвального и выпрямленного напряжений? Почему?

3. Объяснить принцип действия цифрового осциллографа на базе ПК.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Собрав схему одно- и двухполупериодного выпрямителей, получить осциллограммы подводимого и выпрямленного напряжений.

2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе предложенного преподавателем выпрямителя и определить, является ли выпрямитель однополупериодным.

Примечание: цифровой осциллограф измеряет напряжения до 10 В!

Работа № 6а. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЗАРЯДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА.

(работы 6а и 6б выполняются на одном занятии)

*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Электролиз, законы Фарадея; применение электролиза. Гальванические элементы. Аккумуляторы.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений и назначение элементов схемы.

2. Объяснить смысл всех обозначений в расчётной формуле.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Присоединив к батарее аккумуляторов реостат, измерить ток в цепи и найти, пренебрегая сопротивлением амперметра и проводов, каковы внутреннее сопротивление и ЭДС каждого элемента батареи.

Работа № 6б. ИЗУЧЕНИЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА.

*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Газовый разряд. Условия его возникновения, вольтамперная характеристика. Четыре вида разрядов, их применение. Молния. Плазма.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений и назначение элементов схемы; объяснить правила работы с магазинами сопротивлений и емкостей.

2. В каком блоке осциллографа можно применить релаксационный генератор? При каком условии изображение на экране неподвижно?

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Собрав схему релаксационного генератора, для 2-х значений его частоты получить устойчивое изображение сигнала на экране.

**Второй цикл – работы с номерами 7-12.**

Работа № 7. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТНЫМИ ДАТЧИКАМИ

*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Магнитное поле, его описание. Закон Ампера. Круговой ток в магнитном поле. Магнитный момент витка с током.

2. Закон Био и Савара. Принцип суперпозиции. Магнитное поле прямого и кругового токов.

3. Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле. Эффект Холла.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений, назначение элементов схемы и ход измерений; объяснить смысл всех обозначений в формулах.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Магнитным зондом найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории, отградуировав зонд по полю в центре кругового тока.

2. Отклоняя электронный пучок осциллографа, определить полярность полюсов постоянного магнита.

3. В предложенных преподавателем случаях показать путь расчёта магнитного поля системы токов.

4. В предложенных преподавателем случаях найти величину и направление сил Ампера или Лоренца.

Работа № 8 ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА

*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Закон полного тока (теорема о циркуляции в магнитном поле). Вихревой характер магнитного поля. Теорема Гаусса для этого поля. Поле тороида и соленоида.

2. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Два механизма появления индукционного тока. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Вихревые токи. Скин-эффект.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений, назначение элементов схемы и ход измерений; объяснить смысл всех обозначений в формуле.

2. В чем суть баллистического метода измерения магнитного поля? Что такое баллистический гальванометр? Описать опыты Фарадея.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Экспериментально показать баллистическим методом, что поле в центре соленоида близко к однородному. Объяснить суть метода.

2. Повторить основные опыты Фарадея.

3. К проводящему кольцу приближается (удаляется) полюс постоянного магнита. По правилу Ленца найти направление индукционного тока; найти также направление силы Ампера.

4. С помощью правила Ленца объяснить скин-эффект.

Работа № 9. ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ И ЁМКОСТИ  
И ПРОВЕРКА ЗАКОНА ОМА ДЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА  
*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Получение переменной ЭДС. Квазистационарный переменный ток: сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи такого тока. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для переменного тока.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений, назначение элементов схемы и ход измерений; объяснить смысл всех обозначений в формуле.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Имея источник переменного тока (типа В-24 или РНШ) и авометр, найти индуктивность катушки или ёмкость конденсатора.

2. С помощью звукового генератора и авометра продемонстрировать зависимость индуктивного и ёмкостного сопротивлений от частоты тока. Показать, что рост числа витков катушки и введение в неё ферромагнитного сердечника увеличивают индуктивность.

Работа № 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ  
*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Собственные колебания электрического колебательного контура. Затухающие колебания. Добротность. Вынужденные колебания и резонансные явления в контуре. Получение незатухающих колебаний с помощью электронных приборов.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений, назначение элементов схемы и ход измерений; объяснить смысл всех обозначений в формулах.

2. Объяснить принцип действия цифрового осциллографа.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. По заданному преподавателем уравнению гармонического колебания построить его график; решить обратную задачу.

2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму затухающих колебаний в колебательном контуре.

Работа № 11. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ  
*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Резонанс токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение переменного тока.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений, назначение элементов схемы и ход измерений; объяснить смысл всех обозначений в формулах.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Соединив последовательно предложенные преподавателем конденсатор известной ёмкости, лампочку и катушку, подключить их к звуковому генератору, добиться резонанса и найти индуктивность катушки.

Примечание: для катушки "3600" и конденсатора ёмкостью порядка единиц микрофард резонансная частота меньше 200 Гц.

Работа № 12а. СНЯТИЕ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ФЕРРОМАГНЕТИКА  
(работы 12а и 12б выполняются на одном занятии)

*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Магнитные свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Описать порядок измерений, назначение элементов схемы и ход измерений; объяснить смысл всех обозначений в формуле.

2. Почему кривая на экране осциллографа является петлей гистерезиса?

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Собрав экспериментальную установку, получить на экране осциллографа петлю гистерезиса. Объяснить работу установки.

Работа № 12б. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН  
*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, его решение. Электромагнитные волны.

2. Энергия и скорость электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца.

3. Принцип радиосвязи и радиолокации. Телевидение.

*ВОПРОСЫ К ДОПУСКУ.*

1. Как включить генератор ультравысокой частоты?

2. Описать порядок измерений, назначение элементов схемы и ход измерений; объяснить смысл всех обозначений в формулах.

*ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ УМЕНИЯ.*

1. Повторить некоторые опыты Герца: а) продемонстрировать явление резонанса в приемном контуре, изменяя ёмкость его конденсатора; б) ориентируя и перемещая диполь относительно излучающего, показать зависимость получаемой энергии от ориентации диполей и расстояния до излучателя; объяснить влияние ориентации на основе диаграммы направленности излучения диполя.

### 5.5. Матрица соответствия компетенций и видов занятий дисциплины

Наименование вида занятий практики	Всего часов	Компетенции				Сумма
		ИД-1.ОПК-1	ИД-2.ОПК-1;	ИД-3.ОПК-1;	ИД-1.ОПК-2;	
1. Лекции	62	+	+	+	+	4
2. Лабораторные работы	50	+	+	+	+	4
3. Практические занятия	32	+	+	+	+	4
4. СРС	36	+	+	+	+	4
5. Контроль	36	+	+	+	+	4
Итого часов	216					

## 6. Рекомендуемая литература

### 6.1. Основная литература.

1. Михайлов, Сергей Петрович. Курс физики, т.2 «Электричество и магнетизм. Элементы фотометрии, геометрической и волновой оптики»: учебное пособие для вузов / С. П. Михайлов, 2019, БИЦ ГАГУ. - 315 с.
2. Михайлов, Сергей Петрович. Элементарная физика: учебное пособие. Ч. 3: Электричество и магнетизм: учебное пособие, 2008. - 140 с.
3. Михайлов, Сергей Петрович. Электричество и магнетизм.: учебное пособие для вузов / С. П. Михайлов, 2008, РИО ГАГУ. - 284 с.

### 6.2. Дополнительная литература.

1. Михайлов, Сергей Петрович. Электричество и магнетизм: лабораторный практикум / С. П. Михайлов, 2010, РИО ГАГУ. - 120 с.
2. Михайлов, Сергей Петрович. Методические указания и рабочая программа по курсу "Электричество и магнетизм": методические указания / С. П. Михайлов, 2007, РИО ГАГУ. - 119 с.
3. Трофимова, Таисия Ивановна. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова, 2003, Высшая школа. - 541 с.

### Электронные ресурсы

1. Михайлов С.П. Рабочая программа дисциплины «Электричество и магнетизм» [Электронный ресурс] /С.П. Михайлов, 2020. - 52 с. Режим доступа:  
 а) Локальная сеть ФМФ, диск TEACHER\МИХАЙЛОВ\Раб\_прог\_ЭМ\_2021.pdf».  
 б) Система Moodle, курс "Электричество и магнетизм", раздел «Рабочая программа дисциплины»

### 7. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.

Для лекций используется лекционная физическая аудитория с препаратурской для подготовки демонстрационного эксперимента. Для практических занятий нужна типовая учебная аудитория на 1 группу с доской и мелом, фонды библиотеки и точки доступа в Интернет. Для лабораторных работ используется лаборатория электромагнетизма.

## 8. Образовательные технологии

1. Все лекции являются активными (проблемными): для каждой подобраны демонстрационные эксперименты, эпи-, диа- и мультимедийные демонстрации или примеры применения изучаемых физических величин и формул, требующие участия студентов в диалоге с преподавателем и тренирующие отработку практических умений, умения анализировать и делать заключения.
2. Содержание лекций сжато по авторской технологии в планы ответов (дайджесты), на основе которых должен строиться ответ студента на экзамене; важнейшие понятия и формулы здесь лишь указываются без раскрытия содержания, а вот промежуточные выкладки приводятся полностью. Дайджест выделяет главное, даёт объём ответа на теоретический вопрос и его последовательность, психологически поддерживает студента.
3. Перед практическими занятиями, по авторской технологии, студенты самостоятельно готовят приведённые в рабочей программе списки понятий и формул, которые будут применяться.
4. Во всех лабораторных работах выделены используемые теоретические знания, требующие подготовки по дайджестам, и отрабатываемые экспериментальные умения; всё это приведено в рабочей программе.
5. Во всех лабораторных работах выделены задания для исследования – все работы являются исследовательскими.
6. На экзамен выносятся проверка не только теоретических знаний, но и экспериментально-практических умений. Отработка этих умений выполняется при рассмотрении примеров на лекциях, а также в ходе выполнения практических занятий и лабораторных работ.

## 9. Вопросы и задания к экзамену.



Экзамен включает теоретический вопрос и экспериментально-практическое задание. При ответе на теоретический вопрос студент использует дайджесты, где должен показать знание основных понятий, принципов и законов электричества и магнетизма. При выполнении экспериментально-практического задания студент должен показать умение решать типовые учебные задачи, грамотно использовать физическую лексику и понятийный аппарат, навыки работы с оборудованием лаборатории.

### 9.1. Теоретические вопросы.

1. Электрический заряд. Его основные свойства. Модели распределения зарядов. Закон Кулона. Теория дальнего действия.
2. Теория ближнего действия. Электрическое поле, его свойства. Напряжённость электрического поля, силовые линии. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя.
3. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда, системы зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряжённости и потенциала. Работа в электростатическом поле. Его потенциальность.
4. Поток вектора напряжённости. Теорема Гаусса. Расчёт поля заряженной нити, плоскости и двух плоскостей
5. Диполь в электрическом поле. Электрическое поле в диэлектрике. Смысл диэлектрической проницаемости.
6. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Расчёт некоторых полей в присутствии диэлектриков.
7. Свойства заряженного проводника в электростатике. Высоковольтный генератор. Проводник в электрическом поле. Электростатическая защита. Электрическое поле Земли.
8. Электроёмкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия заряженного тела. Энергия электрического поля.
9. Электрический ток. Сила и плотность тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для металлического проводника.
10. Сторонние силы и ЭДС. Закон Ома для участка цепи с ЭДС и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.
11. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. КПД источника тока.
12. опыты Стюарта и Толмена, Манделштама и Папалекси. Природа тока в металлах. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца классической электронной теорией (КЭТ); её трудности.
13. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость полупроводников.
14. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумные приборы: диод, триод, электронно-лучевая трубка. Холодная эмиссия; другие виды эмиссий.
15. Законы Вольта. Их объяснение классической электронной теорией. Термоэлектрические явления в контакте металлов; термопара, термобатарея, их применение.
16. Контактные явления в полупроводниках. Запирающий слой. Полупроводниковые диод и триод.
17. Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Электролиз, законы Фарадея; применение электролиза. Гальванические элементы. Аккумуляторы.
18. Газовый разряд, условия его возникновения, вольтамперная характеристика. Четыре вида разрядов, их применение. Молния. Плазма.
19. Магнитное поле, его описание. Закон Ампера. Круговой ток в магнитном поле. Магнитный момент витка с током.
20. Закон Био-Савара. Принцип суперпозиции. Поле кругового и прямого токов.
21. Закон полного тока (теорема о циркуляции для магнитного поля). Вихревой характер этого поля. Поле тороида и соленоида Теорема Гаусса для магнитного поля.
22. Магнитное поле в веществе. Диа- и парамагнетики.
23. Магнитные свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма.
24. Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле. Эффект Холла. Работа в магнитном поле; магнитный поток.
25. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Два механизма появления индукционного тока. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.
26. Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. Явления при замыкании и размыкании цепи с индуктивностью. Явление взаимной индукции; трансформатор. Энергия магнитного поля. Магнитное поле Земли.
27. Получение переменной ЭДС. Квазистационарный переменный ток: сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи такого тока. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для переменного тока.
28. Резонанс токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение переменного тока.
29. Собственные колебания электрического колебательного контура. Затухающие колебания. Добротность. Вынужденные колебания и резонансные явления в контуре. Получение незатухающих колебаний с помощью электронных приборов.
30. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, его решение. Электромагнитные волны.
31. Энергия и скорость электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн. опыты Герца.
32. Принцип радиосвязи и радиолокации. Телевидение.
33. Некоторые проблемы и достижения современной физики.

### 9.2. Экспериментально-практические задания

1. Объяснив назначение всех клемм и ручек выпрямителя (типов В-24, ВУП, ВС 4-12 и пр.), авометром измерить все напряжения, правильно выбирая пределы измерений, шкалы, вид тока и пр.

**ЗНАТЬ:** предел измерения; цену деления; обозначения на шкалах приборов и в электрических схемах. **УМЕТЬ:** работать с выпрямителями и авометрами.

2. В собранной электрической цепи объяснить назначение всех элементов, начертить схему этой цепи и с помощью омметра найти место обрыва цепи (добиться, чтобы лампочка загорелась).

**ЗНАТЬ:** обозначения в электрических схемах, назначение и работу элементов схем. **УМЕТЬ:** работать с выпрямителями и регуляторами напряжения, звуковым генератором, омметром (или авометром).

3. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного вольтметра, назначение всех клемм и добавочных сопротивлений, измерить им напряжение в сети и на клеммах выпрямителя типа ВУП.

**ЗНАТЬ:** предел измерения; цену деления; обозначения на шкалах приборов и в электрических схемах; назначение и включение добавочных сопротивлений. **УМЕТЬ:** работать с выпрямителями.

4. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного амперметра, назначение всех его клемм и шунтов, измерить ток через реостат, подсоединенный к выпрямителю типа В-24.

**ЗНАТЬ:** см. материал к заданию 3; назначение и включение шунтов. **УМЕТЬ:** работать с выпрямителями и реостатом.

5. Измерив напряжение на реостате, подсоединённом к выпрямителю типа В-24, вычислить ток через него и рассчитать погрешность измерения.

**ЗНАТЬ:** предел измерения; цена деления; обозначения на шкалах приборов и в электрических схемах; назначение и включение добавочных сопротивлений; расчёт погрешности физических измерений. **УМЕТЬ:** работать с выпрямителями и реостатом, находить погрешность электроизмерительного прибора.

6. Используя в качестве источников переменного тока звуковой генератор и В-24 (или РНШ), получить на экране осциллографа фигуры Лиссажу для нескольких отношений частот.

**ЗНАТЬ:** фигуры Лиссажу. **УМЕТЬ:** работать со звуковым генератором, осциллографом, выпрямителем и регулятором напряжения.

7. Подав от генератора ГЗШ сигналы разной частоты (50, 200, 500 Гц) и амплитуды (выходы 5, 600 и 2000 Ом), получить на экране осциллографа устойчивое изображение одного периода синусоиды примерно одной амплитуды.

**ЗНАТЬ:** характеристики гармонического колебания; принцип работы осциллографа. **УМЕТЬ:** работать с осциллографом и звуковым генератором.

8. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе ГЗШ.

**ЗНАТЬ:** принцип работы цифрового осциллографа. **УМЕТЬ:** работать с персональной ЭВМ и с устройством сопряжения с физическими объектами (УСО); загружать (с диска или магнитной ленты) и запускать программу управления работой цифрового осциллографа; работать со звуковым генератором.

Примечание: **от генератора подавать на цифровой осциллограф напряжение не выше 10 В и частотой не выше 500 Гц!**

9. В установке для измерения электрических полей с помощью вилки найти направление силовых линий поля двух пластин и показать, что это поле близко к однородному; найдя его напряжённость с помощью вилки, сравнить результаты с расчётом (измерив расстояние и напряжение между пластинами).

**ЗНАТЬ:** однородное поле, вид его силовых линий; связь разности потенциалов и напряжённости; вид этой связи для однородного поля. **УМЕТЬ:** работать со звуковым генератором и авометром.

Примечание: **от ГЗШ подавать на пластины напряжение не выше 30 В частотой 500 Гц.**

10. Дано электрическое поле с потенциалом, указанным преподавателем (например,  $\varphi = 5x^2 + 3y + 5$ ). Заряд +1 нКл помещен в точку А(1,2) этого поля. Найти энергию заряда и действующую на него в точке А силу, а также работу перемещения в точку В(3,4).

**ЗНАТЬ:** напряжённость и потенциал электрического поля; их связь; десятичные приставки. **УМЕТЬ:** дифференцировать.

11. Для предложенной преподавателем системы зарядов (заряженного тела) найти напряжённость и потенциал электрического поля в заданной точке.

**ЗНАТЬ:** формулы напряжённости и потенциала поля точечного заряда; принцип суперпозиции; потенциал поля нескольких зарядов и заряженных тел. **УМЕТЬ:** находить направление вектора Е; применять теорему косинусов.

12. В предложенной преподавателем схеме рассчитать токи с помощью правил Кирхгофа.

**ЗНАТЬ:** первое и второе правила Кирхгофа; правила знаков к ним; выбор направления токов в ветвях и выбор контуров; общее число необходимых уравнений, число независимых уравнений по первому и второму правилам; обозначения в электрических схемах. **УМЕТЬ:** решать системы линейных уравнений.

13. Прибором типа ММВ (или другим омметром) измерить сопротивления двух катушек, а затем, соединяя их параллельно и последовательно, сравнить полученные в опытах данные с расчётными.

**ЗНАТЬ:** законы параллельного и последовательного соединения резисторов. **УМЕТЬ:** работать с прибором типа ММВ или омметром.

14. По известным чувствительности и сопротивлению школьного демонстрационного гальванометра рассчитать сопротивление шунта, который надо включить с гальванометром для измерения тока до 3 А. Результат сравнить (прибором типа ММВ) с сопротивлением аналогичного шунта в гальванометре.

**ЗНАТЬ:** формулы шунта; обозначения на шкалах приборов. **УМЕТЬ:** пользоваться прибором типа ММВ.

15. По известным чувствительности и сопротивлению школьного гальванометра найти величину добавочного сопротивления, необходимого для измерения постоянного напряжения до 15 В. Результат сравнить (прибором типа ММВ) с добавочным сопротивлением при гальванометре.

**ЗНАТЬ:** формулы добавочного сопротивления; обозначения на шкалах приборов. **УМЕТЬ:** работать с прибором типа ММВ или омметром.

16. Отградуировать термопару, определив её термоЭДС.

**ЗНАТЬ:** смысл обозначений в расчётной формуле. **УМЕТЬ:** собрать схему для градуировки термопары.

17. Найдя направление тока в цепи термопары, указать, в каком из металлов пары больше концентрация электронов. Какой из спаев нагреется за счёт эффекта Пельтье при указанной преподавателем полярности внешней ЭДС?

**ЗНАТЬ:** эффекты Пельтье и Зеебека в металлах, их объяснение классической электронной теорией. **УМЕТЬ:** определять направление тока в цепи с помощью гальванометра.

18. Сняв зависимость сопротивления полупроводника от температуры, найти ширину его запрещённой зоны.

**ЗНАТЬ:** смысл обозначений в расчётной формуле. **УМЕТЬ:** собрать схему для снятия зависимости; логарифмировать.

19. Собрав схему одно- и двухполупериодного выпрямителей, получить осциллограммы подводимого и выпрямленного напряжений.

**ЗНАТЬ:** обозначения в электрических схемах; схема одно- и двухполупериодного выпрямителей. **УМЕТЬ:** работать с осциллографом.

20. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе предложенного преподавателем выпрямителя и определить, является ли выпрямитель однополупериодным.

**ЗНАТЬ:** однополупериодный выпрямитель. **УМЕТЬ:** работать с цифровым осциллографом (см. выше задание 8) и выпрямителями.

21. Присоединив к батарее аккумуляторов реостат известного сопротивления, измерить ток в цепи и вычислить, пренебрегая сопротивлением амперметра, каковы внутреннее сопротивление и ЭДС каждого элемента батареи.

**ЗНАТЬ:** закон Ома для замкнутой цепи; законы соединения источников тока. **УМЕТЬ:** работать с реостатом и амперметром (или авометром).

22. Магнитным зондом найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории, отградуировав зонд по полю в центре кругового тока.

**ЗНАТЬ:** вид силовых линий магнитного поля Земли; величину этого поля; поле в центре кругового тока; поле постоянного магнита. **УМЕТЬ:** работать с милливольтметром переменного тока и звуковым генератором; включать магнитный зонд; определять с его помощью направление силовой линии, а с помощью дополнительного постоянного магнита - направление вектора индукции; градуировать магнитный зонд по полю в центре кругового тока.

23. Отклоняя магнитом светящееся пятно на экране осциллографа, определить полярность полюсов постоянного магнита.

**ЗНАТЬ:** устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки; сила Лоренца; вид силовых линий поля постоянного магнита.

24. В предложенных преподавателем случаях показать путь расчёта магнитного поля системы токов.

**ЗНАТЬ:** закон Био-Савара; поле прямого и кругового токов, вид силовых линий этих полей; правило буравчика; правило левой руки; единицы всех величин. **УМЕТЬ:** применять правило буравчика и принцип суперпозиции.

25. В предложенных преподавателем случаях найти силу Ампера (Лоренца).

**ЗНАТЬ:** силу Ампера; силу Лоренца; правило буравчика; правило левой руки. **УМЕТЬ:** применять правило буравчика и принцип суперпозиции.

26. Экспериментально показать баллистическим методом, что поле в центре соленоида близко к однородному. Объяснить суть метода.

**ЗНАТЬ:** явление электромагнитной индукции; вид силовых линий магнитного поля соленоида. **УМЕТЬ:** работать с выпрямителем и гальванометром.

27. Повторить основные опыты Фарадея. **Примечание:** взять в качестве источника магнитного поля постоянные магниты или катушку "220" с током от выпрямителя; для индикаторного контура взять катушку "3600".

**ЗНАТЬ:** две серии опытов Фарадея; явление электромагнитной индукции; закон Фарадея. **УМЕТЬ:** в первой серии опытов показать влияние ориентации и числа витков индикаторного контура, направления, величины и скорости изменения магнитного поля на показания гальванометра; во второй серии - показать влияние тех же параметров и магнитных свойств среды.

28. К проводящему кольцу приближается (или удаляется) полюс постоянного магнита. С помощью правила Ленца найти направление индукционного тока; определить и направление силы Ампера. **ЗНАТЬ:** правило Ленца; сила Ампера; вид силовых линий поля кругового тока и постоянного магнита.

29. С помощью правила Ленца объяснить скин-эффект.

**ЗНАТЬ:** скин-эффект; правило Ленца; вид силовых линий поля прямого и кругового токов; вихревое электрическое поле, его свойства; вихревые токи.

30. Собрав экспериментальную установку, получить на экране осциллографа петлю гистерезиса. Объяснить работу установки.

**ЗНАТЬ:** вид петли гистерезиса; обозначения в электрических схемах. **УМЕТЬ:** работать с осциллографом; объяснить работу установки.

31. Имея источник типа В-24 и авометр, найти индуктивность катушки или ёмкость конденсатора.

**ЗНАТЬ:** формулу индуктивного и ёмкостного сопротивления; закон Ома для переменного тока; закон Ома для участка цепи без ЭДС; круговую частота тока в сети; активное сопротивление; полное сопротивление. **УМЕТЬ:** методом вольтметра-амперметра найти сопротивление катушки и конденсатора постоянному (активное сопротивление) и переменному току (полное сопротивление, импеданс).

32. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму затухающего колебания в колебательном контуре.

**ЗНАТЬ:** принцип работы цифрового осциллографа; колебательный контур; вид затухающих колебаний в нём; обозначения в электрических схемах. **УМЕТЬ:** работать с цифровым осциллографом (см. выше); собирать схему для получения затухающих колебаний.

33. Соединив последовательно предложенные лампочку, конденсатор известной величины и катушку, подключить их к звуковому генератору, добиться резонанса и вычислить индуктивность катушки.

Примечание: для катушки "3600" и конденсатора ёмкостью порядка единиц микрофард резонансная частота меньше 200 Гц.

**ЗНАТЬ:** индуктивное и ёмкостное сопротивления; резонанс напряжений и его условие; циклическая частота.

**УМЕТЬ:** работать со звуковым генератором.

## 10. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ, ПЛАНЫ ОТВЕТОВ (ДАЙДЖЕСТЫ) И МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЗАУЧИВАНИЯ.

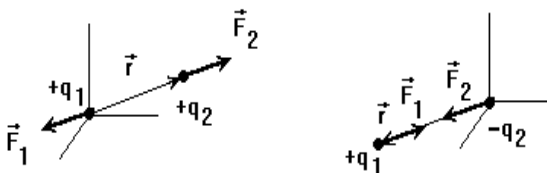
(материал для заучивания выделен в дайджестах КРУПНЫМ шрифтом)

### Часть 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА.

#### 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЕГО ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА. МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА. ЗАКОН КУЛОНА. ТЕОРИЯ ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ДВА ВИДА ЗАРЯДОВ, ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ; ДИСКРЕТНОСТЬ ЗАРЯДА, ЕГО НОСИТЕЛИ; РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ; ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ.**

**ТОЧЕЧНЫЙ ЗАРЯД.** Линейная  $\tau = dq/dl$ , поверхностная  $\sigma = dq/dS$  и объёмная  $\rho = dq/dv$  плотности зарядов, ИХ СМЫСЛ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ. Общий заряд на нити, поверхности и в объёме тела:  $q = ?$



**ЗАКОН КУЛОНА В ВЕКТОРНОЙ ФОРМЕ. ЕДИНИЧНЫЙ РАДИУС-ВЕКТОР; СМЫСЛ ВСЕХ ОБОЗНАЧЕНИЙ В ЗАКОНЕ КУЛОНА; МОДУЛЬ И НАПРАВЛЕНИЕ СИЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗАРЯДОВ ПРИ РАЗНЫХ ЗНАКАХ ЗАРЯДОВ. ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ЗАКОНА. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ СИЛ; примеры его применения. Базовые идеи теории дальнего действия: скорость передачи взаимодействия; есть ли передатчик взаимодействия? ПРО-**

**БЛЕМЫ ТЕОРИИ ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ.**

**Самостоятельно:** показать путь расчёта силы взаимодействия тонкого прямого стержня длины  $l$ , несущего равномерно распределённый по длине заряд  $Q$ , с точечным зарядом  $q$ , находящимся не на оси стержня на удалении  $a$  от его конца. Каковы плюсы и минусы применения принципа суперпозиции на практике?

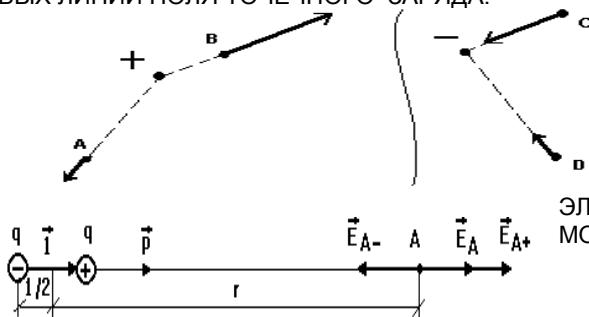
**Самостоятельно:** опыт Милликена. Литература: Савельев И.В. Курс общей физики, т.2. М., «Кнорус», 2009, § 10.3 (ниже будет обозначаться буквой С.).

#### 2. ТЕОРИЯ БЛИЗКОДЕЙСТВИЯ. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЕГО СВОЙСТВА. НАПРЯЖЁННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, СИЛОВЫЕ ЛИНИИ. ПОЛЕ ТОЧЕЧНОГО ЗАРЯДА. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОЛЕ ДИПОЛЯ.

Основные идеи теории близкодействия: скорость передачи взаимодействия; как решён вопрос о передатчике взаимодействия? **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ; ЕГО СВОЙСТВА. ВЕКТОР НАПРЯЖЁННОСТИ, ЕГО СМЫСЛ, ЕДИНИЦА.** Напряжённость поля точечного заряда

$$E = Q r / (4\pi\epsilon_0 r^3) = Q e_r / (4\pi\epsilon_0 r^2).$$

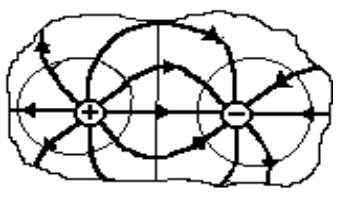
**СИЛА, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА ЗАРЯД В ПОЛЕ. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. СИЛОВАЯ ЛИНИЯ. ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ПОЛЯ ТОЧЕЧНОГО ЗАРЯДА.**



**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДИПОЛЬ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ (ДИПОЛЬНЫЙ) МОМЕНТ, ЕГО НАПРАВЛЕНИЕ.**

? ? 1 q q

На оси диполя  $E_d = E_{d+} - E_{d-} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{q}{(r - l/2)^2} - \frac{q}{(r + l/2)^2} \right]$



? ?  
 $\approx \frac{ql}{2\pi\epsilon_0} r^{-3} = \frac{p}{2\pi\epsilon_0} r^{-3}$ . Вид силовых линий поля диполя. Сравнение полей точечного заряда и диполя: от чего зависит величина и направление поля?

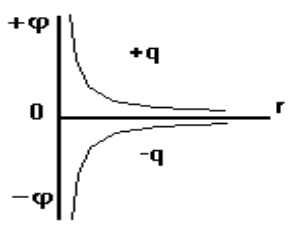
**Самостоятельно:** напряжённость поля диполя в произвольной точке. Записать математические выкладки, разобраться в них, объяснить смысл формулы. Литература: С. § 1.9.

**3. ПОТЕНЦИАЛ. ПОТЕНЦИАЛ ПОЛЯ ТОЧЕЧНОГО ЗАРЯДА, СИСТЕМЫ ЗАРЯДОВ. ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ. СВЯЗЬ НАПРЯЖЁННОСТИ И ПОТЕНЦИАЛА. РАБОТА В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ. ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНОСТЬ.**

ПОТЕНЦИАЛ, ЕГО СМЫСЛ, ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ. Энергия системы 2-х зарядов:

$\delta A = F \cdot dr = \int_1^2 F_r \cdot dr = \int_1^2 \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

$= \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \cdot (1/r_1 - 1/r_2); A_{1,2} = W_1 - W_2 \Rightarrow W = \pm Qq/4\pi\epsilon_0 r$



Потенциал поля точечного заряда  $\phi = ?$  Каков наибольший потенциал поля отрицательного заряда? ПОТЕНЦИАЛ ПОЛЯ НЕСКОЛЬКИХ ЗАРЯДОВ. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ЗАРЯДА В ТОЧКЕ ПОЛЯ. РАБОТА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАРЯДА В ПОЛЕ; РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ. Почему  $1 \text{ эВ} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ ?

Получение связи напряжённости и потенциала:

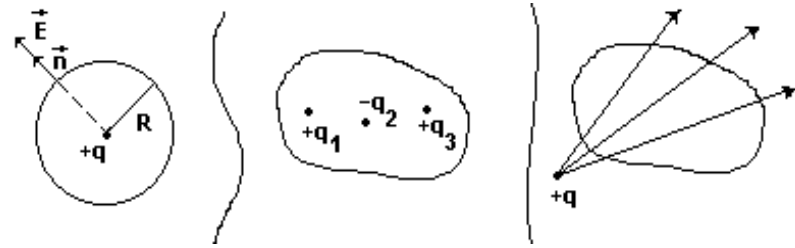
$\delta A = -q d\phi; \delta A = F \cdot dr = q \cdot E \cdot dr = q \cdot E \cdot dr \cdot \cos(E \wedge dr) = q \cdot E_r \cdot dr \Rightarrow E_r = ?$  Что показывает величина  $E_r$ ? СМЫСЛ ВЕКТОРА ГРАДИЕНТА. Полный вектор

$E = E_x \cdot i + E_y \cdot j + E_z \cdot k = ?$  Векторный оператор "набла"  $\nabla = (\partial/\partial x) \cdot i + (\partial/\partial y) \cdot j + (\partial/\partial z) \cdot k$ . Запись связи  $E$  и  $\phi$  с его помощью.

ВЫЧИСЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ (НАПРЯЖЕНИЯ) ПО НАПРЯЖЁННОСТИ. ЦИРКУЛЯЦИЯ ВЕКТОРА  $E$ ; её смысл (в чём отличие от смысла напряжения?). ПРИЗНАКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОСТИ ПОЛЯ.

**Самостоятельно:** эквипотенциальные поверхности, их вид для поля точечного заряда, диполя, однородного поля; доказать перпендикулярность силовых линий и эквипотенциальных поверхностей. Литература: Михайлов С.П. Электричество и магнетизм. Учебное пособие. Горно-Алтайск, 2009. (далее будет обозначаться М.), § 4.

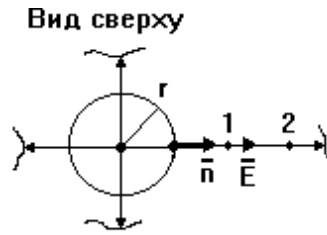
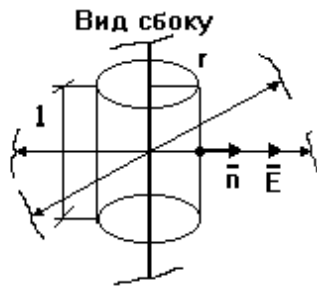
**4. ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЁННОСТИ. ТЕОРЕМА ГАУССА. РАСЧЁТ ПОЛЯ ЗАРЯЖЕННОЙ НИТИ, ПЛОСКОСТИ И ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ.**



ПОТОК ВЕКТОРА НАПРЯЖЁННОСТИ; ЕГО СМЫСЛ. От чего зависит его знак? Доказательство теоремы Гаусса: для заряда  $q$  в центре сферы

$\Phi_E = \oint_S E_n dS = \oint_S E dS = E \oint_S dS = ES \Rightarrow (S = 4\pi R^2; E = Q/4\pi\epsilon_0 R^2) \Rightarrow \Phi_E = Q/\epsilon_0$ . Для нескольких зарядов

внутри произвольной замкнутой поверхности  $\Phi_E = ?$ ; для заряда вне замкнутой поверхности  $\Phi_E = ?$   
 ФОРМУЛИРОВКА И ЗАПИСЬ ТЕОРЕМЫ ГАУССА. Условия её успешного применения.  
 Расчёт поля заряженной нити: предполагаемый вид силовых линий поля из соображений симметрии; тогда



? ?

$$\Phi_E = \Phi_E^{\text{бок}} + 2\Phi_E^{\text{осн}}; \Phi_E^{\text{осн}} = ?; \Phi_E^{\text{бок}} = \int_{S_{\text{бок}}} E_n dS = E \cdot S_{\text{бок}} = E \cdot 2\pi r l \Rightarrow \Phi = ? q = \tau l; E = \tau / 2\pi\epsilon_0 r.$$

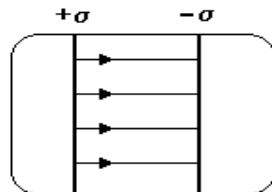
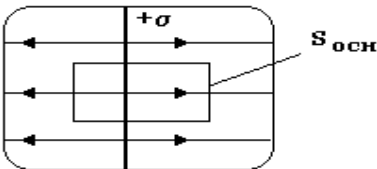
Изменение потенциала в радиальном направлении:

$$\Phi_1 - \Phi_2 = \int_1^2 E_r dr = (\tau / 2\pi\epsilon_0) \int_1^2 dr / r = (\tau / 2\pi\epsilon_0) \cdot \ln(r_2/r_1). \text{ Каков вид эквипотенциальных поверхностей?}$$

Почему? Как найти разность потенциалов произвольных точек? ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ПОЛЯ НИТИ.

Расчёт поля бесконечной равномерно заряженной плоскости: предполагаемый ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ; тогда ? ?

$$\Phi_E = \Phi_E^{\text{бок}} + 2\Phi_E^{\text{осн}} \Rightarrow (\Phi_E^{\text{осн}} = E \cdot S_{\text{осн}}; \Phi_E^{\text{бок}} = 0) \Rightarrow (q = \sigma S_{\text{осн}}) \Rightarrow E = \sigma / 2\epsilon_0.$$



Расчёт поля 2-х бесконечных равномерно заряженных плоскостей разного знака: ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ЭТОГО ПОЛЯ; отсюда внутри плоскостей E = ?, и вне плоскостей E = ? ОДНОРОДНОЕ ПОЛЕ. Разность потенциалов вдоль силовой линии  $\Phi_1 - \Phi_2 = ?$  Каков вид эквипотенциальных поверхностей? РАЗ-

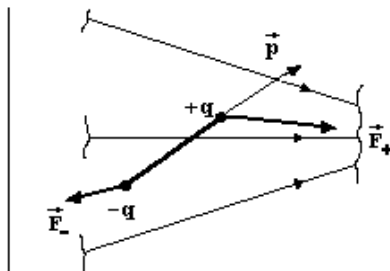
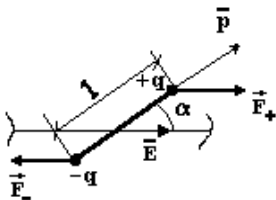
НОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ТОЧЕК ОДНОРОДНОГО ПОЛЯ.

**Самостоятельно:** расчёт поля длинной равномерно заряженной цилиндрической поверхности (предполагаемый вид силовых линий; выбор замкнутой поверхности; поток через нее; напряжённость поля; изменение потенциала). Литература: М., § 5.

### 5. ДИПОЛЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ДИЭЛЕКТРИКЕ. СМЫСЛ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ.

? ?

Для диполя в однородном поле: момент пары сил  $M = Fl \sin \alpha = qEl \sin \alpha = pE \cdot \sin \alpha$ . В векторном виде вращающий момент  $M = ?$  Направление его (ПРАВИЛО БУРАВЧИКА ДЛЯ ВЕКТОРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ). До каких пор движется диполь? Что изменится в неоднородном поле? Чем важен параметр p?



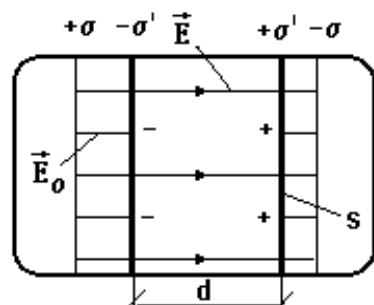
СВОБОДНЫЙ ЗАРЯД. ДИЭЛЕКТРИК. ЕГО ПОЛЯРИЗАЦИЯ. Две модели молекулярного строения диэлектрика – ЖЁСТКОГО И УПРУГОГО диполей. Объяснение поляризации на молекулярном уровне. ВЕКТОР ПОЛЯРИЗОВАННОСТИ P, ЕГО ЕДИНИЦА. СВЯЗЬ ВЕКТОРОВ P и E. Что описы-

вает напряжённость E?

СТОРОННИЕ (СВОБОДНЫЕ) И СВЯЗАННЫЕ ЗАРЯДЫ. Объяснение появления связанных зарядов на молекулярном уровне. ПОЛНОЕ ПОЛЕ E ВНУТРИ ДИЭЛЕКТРИКА КАК СУММА ПОЛЯ СТОРОННИХ ЗАРЯДОВ В ВАКУУМЕ  $E_0$  И ПОЛЯ СВЯЗАННЫХ ЗАРЯДОВ  $E'$ . Связь поверхностной плотности связанных зарядов и поляризованности для пластины из диэлектрика в однородном поле, нормальном граням пластины:

? ?

$$\Sigma p = \sigma' S d \Rightarrow P = \sigma' S d / S d = \sigma'. \text{ Из } P = k\epsilon_0 E \Rightarrow \sigma' = k\epsilon_0 E. \text{ Поле связанных зарядов как поле двух заряженных } \Delta V$$

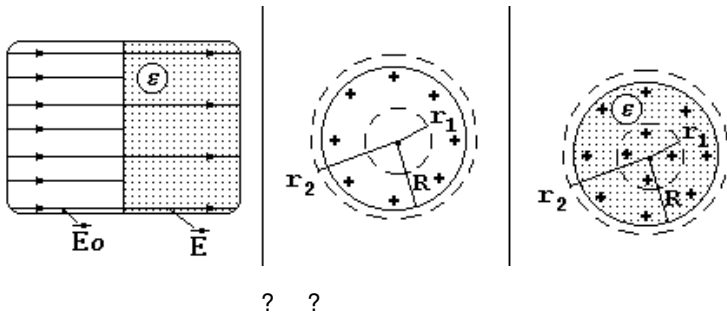


плоскостей:  $E' = \sigma' / \epsilon_0$ . Полное поле внутри диэлектрика  $E = E_0 - E' = E_0 - \sigma' / \epsilon_0 = E_0 - kE \Rightarrow E = ?$  Влияет ли ориентация пластины на величину поля E? Почему при наклоне пластины  $\sigma' = P_n$ ?

СМЫСЛ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВЕЩЕСТВА  $\epsilon$ . Влияет ли форма и размер диэлектрика на величину внутреннего поля в нём? Влияет ли форма и размер полости в твёрдом диэлектрике на величину внутреннего поля в ней? ЗАКОН КУЛОНА В БЕЗГРАНИЧНОМ ЖИДКОМ (ГАЗО-ОБРАЗНОМ) ДИЭЛЕКТРИКЕ. Меняется ли потенциал поля в диэлектрике?

**Самостоятельно:** сегнетоэлектрики. 1. М. § 6. 2. Трофимова Т.И. Курс фи-

**6. ВЕКТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СМЕЩЕНИЯ. ТЕОРЕМА ГАУССА ДЛЯ ПОЛЯ В ДИЭЛЕКТРИКАХ. РАСЧЁТ НЕКОТОРЫХ ПОЛЕЙ В ПРИСУТСТВИИ ДИЭЛЕКТРИКОВ.**



Причина изменения поля на границе диэлектрика с вакуумом. ВЕКТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СМЕЩЕНИЯ (ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ), СМЫСЛ ЕГО ВВЕДЕНИЯ. ТЕОРЕМА ГАУССА ДЛЯ ВЕКТОРА СМЕЩЕНИЯ.

Расчёт поля сферы радиуса R, несущей заряд q, равномерно распределённый по поверхности с плотностью σ, погружённой в диэлектрик проницаемостью ε:

а) для  $r_1 < R$  поток  $\Phi_E = 0 \Rightarrow E = 0$ ;

б) для  $r_2 > R$  в вакууме:  $E \cdot 4\pi r_2^2 = q/\epsilon_0 = (\sigma \cdot 4\pi R^2)/\epsilon_0 \Rightarrow E = q/(4\pi \epsilon_0 r_2^2) = \sigma R/(\epsilon_0 r_2^2)$ : в присутствии диэлектрика здесь же поле  $E = ?$

Расчёт поля шара радиуса R из диэлектрика проницаемостью ε, несущего равномерно распределённый по объёму с плотностью  $\rho = \text{const}$  заряд q:

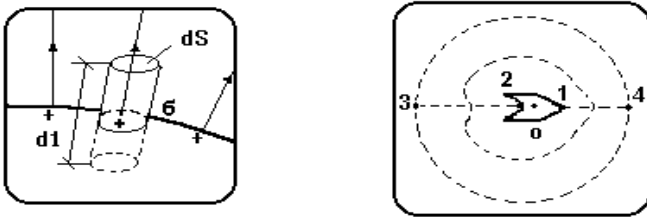
а) для  $r_1 < R$  поток  $\Phi_D = D \cdot 4\pi r_1^2 = (\rho \cdot 4\pi r_1^3)/3 \Rightarrow D = (\rho r_1)/3 \Rightarrow E = (\rho r_1)/3\epsilon\epsilon_0$ ;

б) для  $r_2 > R$  в вакууме:  $E \cdot 4\pi r_2^2 = q/\epsilon_0 = (\rho \cdot 4\pi R^3)/(3\epsilon_0) \Rightarrow E = q/(4\pi \epsilon_0 r_2^2) = (\rho R^3)/(3\epsilon_0 r_2^2)$ : в присутствии диэлектрика проницаемостью  $\epsilon_1$  здесь же поле  $E = ?$

**Самостоятельно:** найти поле точечного заряда q, помещённого в центре шарового слоя радиусами  $R_1$  и  $R_2$  из диэлектрика проницаемостью ε; изменится ли результат, если заряд находится не в центре слоя?

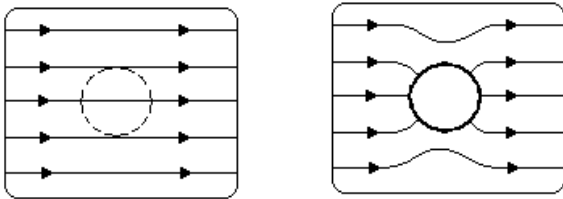
**7. СВОЙСТВА ЗАРЯЖЕННОГО ПРОВОДНИКА В ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ГЕНЕРАТОР. ПРОВОДНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ.**

**ПРОВОДНИК.** Условие неподвижности свободных зарядов в нём.



а) Свойства заряженного проводника: ВЕЛИЧИНА ПОЛЯ ВНУТРИ НЕГО; РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДА ПО ПРОВОДНИКУ (доказать с помощью теоремы Гаусса); РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА (доказать, исходя из связи E и φ). Сохранятся ли эти свойства вне электростатики? Что такое ЦИЛИНДР ФАРАДЕЯ и каковы его свойства? Вид силовых линий у поверхности проводника (почему он такой?). Из теоремы Гаусса

следует (почему?)  $E dS = \sigma dS/\epsilon_0 \Rightarrow E = ?$  С помощью вида эквипотенциальных поверхностей объяснить влияние формы поверхности проводника на величину E вблизи неё. Где плотность заряда на проводнике больше? Почему? Использование этих явлений в практике и проявления в природе.



б) Свойства незаряженного проводника, внесённого во внешнее поле: ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ; РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ И ПОТЕНЦИАЛА ПО Телу. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ. В чём отличие свойств заряженного проводника и незаряженного проводника, внесённого в электростатическое поле?

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ:** природа; направление силовых линий и величина.

**Самостоятельно:** высоковольтный генератор (генератор Ван-де-Граафа). М. § 8.

**8. ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ. КОНДЕНСАТОРЫ. СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ. ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО ТЕЛА. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.**

Как связаны заряд и потенциал металлического проводника? ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЁМКОСТЬ  $C = ?$ , ЕЁ СМЫСЛ. Зависит ли ёмкость уединённого проводника от сообщённого заряда? Ёмкость шара:

$q \propto \phi \Rightarrow C = q/\phi$

из  $\Delta\phi = -\int_R E_r dr = -\int q \cdot dr/(4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2) \Rightarrow \phi = q/(4\pi\epsilon\epsilon_0 R) \Rightarrow C = ?$

**ЕДИНИЦА ЁМКОСТИ.** Ёмкость системы соединённых проводников. Аналогия с жидкостью. Почему окружающие тела влияют на ёмкость (привлечь явления поляризации и электростатической индукции)?

**КОНДЕНСАТОР.** ЕГО ЁМКОСТЬ  $C = ?$  Виды конденсаторов. Ёмкость

? ? ?

плоского конденсатора:  $E = \sigma/\epsilon\epsilon_0$ ;  $U = \sigma d/(\epsilon\epsilon_0) = q d /(\epsilon\epsilon_0 S) \Rightarrow C = ?$

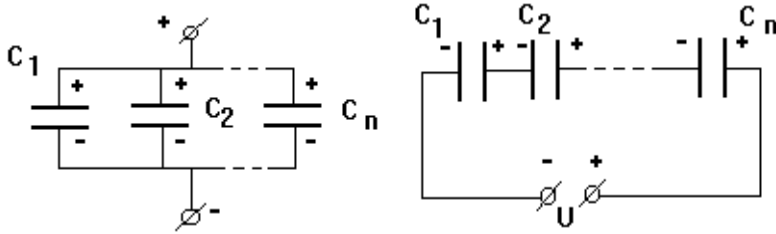
Рабочее напряжение конденсатора.

Ёмкость и рабочее напряжение батареи конденсаторов при их параллельном соединении:

? ? ? ? n ? n n

$$U_1=U_2=\dots=U_n; q = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n C_i U_i = U \sum_{i=1}^n C_i \Rightarrow C = ?$$

Ёмкость и рабочее напряжение батареи при последовательном соединении конденсаторов:



? ? ? ? n ? n n

$$q_1=q_2=\dots=q_n; U = \sum_{i=1}^n U_i = \sum_{i=1}^n q_i / C_i = q \sum_{i=1}^n 1/C_i \Rightarrow 1/C = ?$$

Для двух последовательно соединенных конденсаторов  $C = ?$

Работа поля при сообщении дополнительного заряда  $dq$ , переносимого из бесконечности на проводник ёмкостью  $C$  с зарядом  $q$  и потенциалом  $\phi$ :

? ?

$$\delta A = dq(\phi_\infty - \phi) = -dq \phi$$

На что расходуется эта работа? Энергия заряженного тела  $W = \int_0^q \phi dq = \int_0^q (q \cdot dq) / C = q^2 / 2C \Rightarrow (q = C\phi) \Rightarrow W = ? = ?$

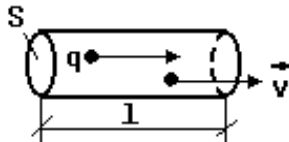
Энергия плоского конденсатора как энергия его поля:  $W = CU^2/2 \Rightarrow (C = \epsilon\epsilon_0 S/d; U = Ed) \Rightarrow W = (\epsilon\epsilon_0 E^2 S \cdot d) / 2 = (\epsilon\epsilon_0 E^2 V) / 2$ .

Объёмная плотность энергии электрического поля  $w = W/V = ? = ? = ?$

**Самостоятельно:** ёмкость цилиндрического конденсатора. Доказать на основе формулы разности потенциалов для двух соосных цилиндрических поверхностей из самостоятельного задания к вопросу 4. М § 35.

## Часть 2. ПОСТОЯННЫЙ ТОК.

### 9. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. СИЛА И ПЛОТНОСТЬ ТОКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ. ЗАКОН ОМА ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОВОДНИКА.



Электродинамика. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ТОК ПРОВОДИМОСТИ. КОНВЕКЦИОННЫЙ ТОК. СИЛА ТОКА  $i = ?$  ПОСТОЯННЫЙ ТОК. ЕГО СИЛА  $I = ?$  ЕДИНИЦА СИЛЫ ТОКА. Как по силе тока найти число прошедших за какое-то время элементарных зарядов? ПЛОТНОСТЬ ТОКА  $j = ?$  как дифференциальная характеристика тока; ЕЁ ЕДИНИЦА, СМЫСЛ. Связь плотности тока проводимости  $j$  со скоростью  $v$  и КОНЦЕНТРАЦИЕЙ  $n$  зарядов

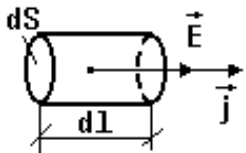
?

$$Q = qnV = qnSv; I = Q/t = qnSv; j = ? j = ?$$

Распределение потенциала в проводнике с током. опыты Ома; связь силы тока и напряжения в металлическом проводнике. Обоснование существования сил, мешающих движению зарядов в проводнике:

? ? ? ?

$$U = \text{const} \Rightarrow E = \text{const} \Rightarrow F = \text{const}; I = \text{const} \Rightarrow j = \text{const} \Rightarrow v = \text{const}.$$



СМЫСЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ. ЗАКОН ОМА ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОВОДНИКА В ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОРМЕ. ЕДИНИЦА СОПРОТИВЛЕНИЯ. Удельное сопротивление как дифференциальная характеристика проводника. ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА, ДЛИНЫ И ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКА НА ЕГО СОПРОТИВЛЕНИЕ:  $R = ?$  Как распределится потенциал в цепи с идеальным проводником? Интегральные и дифференциальные характеристики поля, тока и проводника. Получение закона Ома в дифференциальной форме:

? ? ?

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow$

$$d\phi = Edl; R = \rho dl/dS; dl = d\phi/R \Rightarrow (dl = jdS) \Rightarrow j = E/\rho = \sigma E. \text{ Что такое } \sigma?$$

Роль поля и тока при электротравмах. БЕЗОПАСНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ.

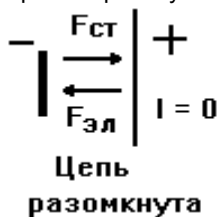
**Самостоятельно:** а) распределение токов и напряжений и общее сопротивление цепи при параллельном и последовательном соединении РЕЗИСТОРОВ. М. § 13. б) включение и назначение ОММЕТРА, АМПЕРМЕТРА и ШУНТА к нему, ВОЛЬТМЕТРА и ДОБАВОЧНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ к нему; АВОМЕТР. Михайлов С.П. Лабораторный практикум по курсу электромагнетизма (ниже обозначен Ми). в) Пусть сопротивление ГАЛЬВАНОМЕТРА  $R_f$ , он рассчитан на ток  $I_f$ , а надо измерить больший ток  $I$ , причём  $n = I/I_f$ . По законам параллельного соединения резисторов получить формулу сопротивления шунта  $R_{ш} = R_f/(n-1)$ . г) Зная  $R_f$  и ПРЕДЕЛ



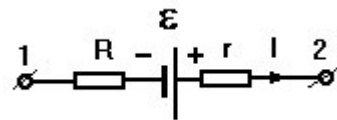
ИЗМЕРЕНИЯ гальванометра по напряжению  $U_r$ , по законам последовательного соединения резисторов получить формулу добавочного сопротивления  $R_d = R_r(n' - 1)$ , нужного для измерения большего в  $n' = U/U_r$  раз напряжения  $U$ . Ми., часть 1.

**10. СТОРОННИЕ СИЛЫ И ЭДС. ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ С ЭДС И ДЛЯ ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ. ПРАВИЛА КИРХГОФА.**

Можно ли получить постоянный ток заметной величины в незамкнутой цепи? Способны ли кулоновские силы совершать работу в замкнутой цепи? ИСТОЧНИК ТОКА. СТОРОННИЕ СИЛЫ. ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА

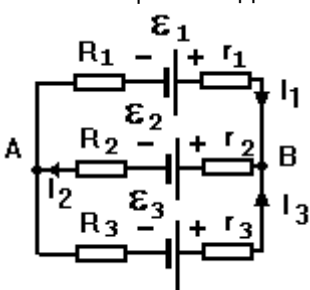


(ЭДС)  $\epsilon = ?$ , ЕЁ СМЫСЛ, ЕДИНИЦА. Где действуют сторонние силы? Какова роль сто-



ронных и кулоновских сил при создании тока в замкнутой цепи?  
?

Связь ЭДС и напряжённости поля сторонних сил: из  $\epsilon = ? \Rightarrow (A = \int F_{\text{ст}} dl; E^* = F_{\text{ст}}/q) \Rightarrow \epsilon = ?$   
Из чего складывается полная работа перемещения заряда на участке цепи с источником тока (ЭДС)? ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ  $\Delta U = ?$ , ЕГО СМЫСЛ; отличие от разности потенциалов (напряжения). ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ С ЭДС:  $\pm I = ?$  ПРАВИЛО ЗНАКОВ. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ.



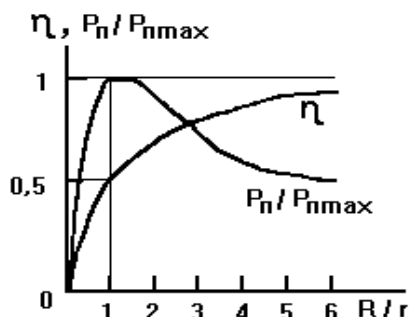
УЗЕЛ, ВЕТЬ. Что такое разветвлённая цепь? ПЕРВОЕ ПРАВИЛО КИРХГОФА, ЕГО ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ. ПРАВИЛО ЗНАКОВ ДЛЯ 1-го ПРАВИЛА КИРХГОФА. Каково число независимых уравнений по 1-му правилу? КОНТУР. Получение второго правила из закона Ома для неоднородного участка цепи: для контура Аε<sub>1</sub>Вε<sub>2</sub> А в ветви Аε<sub>1</sub>В напряжение  $U_1 = ?$ ; в ветви Вε<sub>2</sub> А получим  $U_2 = ?$ ; для всего контура сумма напряжений? ВТОРОЕ ПРАВИЛО КИРХГОФА. ПРАВИЛО ЗНАКОВ ДЛЯ НЕГО (сравни с правилом знаков в законе Ома для участка цепи с ЭДС!). Как выбираются направления токов в ветвях, направления обхода и новые контура? Каково полное число уравнений, сколько из них пишется по 1-му и 2-му правилам? В чём смысл знака токов в ответе?

**Самостоятельно:** мост Уитстона, его применение в измерениях. Т. § 100.

**11. ЗАКОН ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА. КПД ИСТОЧНИКА ТОКА.**

ЗАКОН ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА:  $Q = ? = ? = ?$  Доказать, что тепло выделяется за счёт работы перемещения зарядов электрическим полем. РАБОТА  $A = ? = ? = ?$  и МОЩНОСТЬ  $P = ? = ? = ?$  ПОСТОЯННОГО ТОКА. Как зависит выделяемая мощность от сопротивления при параллельном и последовательном соединениях? Учёт этого в электроприборах, включаемых в осветительную сеть.

Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме: в элементе проводника удельным сопротивлением  $\rho$ , длиной  $dL$ , сечением  $dS$  выделяемое за время  $dt$  тепло  $dQ = ? \Rightarrow (R = \rho dL/dS; dl = j dS) \Rightarrow dQ = \rho j^2 dL dS dt = \rho j^2 dV dt$ . Удельная мощность  $w = dQ/(dV dt) = ? \Rightarrow (j = \sigma E) \Rightarrow w = ?$  Как это учитывается в плавких предохранителях?



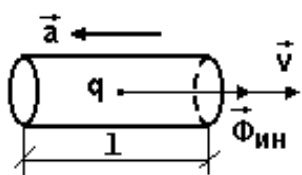
Для участка цепи с ЭДС:  $A = Uq \pm \epsilon q = (U \pm \epsilon) It$ . В замкнутой цепи  $A = ?$  В замкнутой цепи общая мощность  $P = ?$  Полезная мощность в замкнутой цепи  $P_{\text{пол}} = ? \Rightarrow (I = ?) \Rightarrow P_{\text{пол}} = \epsilon^2 R / (R+r)^2$ . Зависимость полезной мощности от сопротивления нагрузки

?  
 $R$ : из  $\partial P_{\text{пол}} / \partial R = 0 \Rightarrow (R+r)^2 - 2(R+r)R = 0 \Rightarrow R = ?$  КПД источника тока:  $\eta = P_{\text{пол}}/P \Rightarrow (?) \eta = R/(R+r)$ . Зависимость полезной мощности и КПД от сопротивления нагрузки.

**Самостоятельно:** параллельное и последовательное соединение источников тока. М. § 16.

**12. ОПЫТЫ СТУАРТА И ТОЛМЕНА, МАНДЕЛЬШТАМА И ПАПАЛЕКСИ. ПРИРОДА ТОКА В МЕТАЛЛАХ. ОБЪЯСНЕНИЕ ЗАКОНОВ ОМА И ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА КЛАССИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИЕЙ (КЭТ). ЕЁ ТРУДНОСТИ.**

ИДЕЯ ОПЫТОВ МАНДЕЛЬШТАМА И ПАПАЛЕКСИ, СТУАРТА И ТОЛМЕНА. Схема опыта последних (1916 г.):



$$\Phi_{\text{ин}} = ma \Rightarrow (E = \Phi_{\text{ин}}/q) \Rightarrow U = \int E_1 dl = ma l / q; i = ma l / (qR) \Rightarrow dQ = i dt = m l a dt / (qR) = m l dv / (qR) \Rightarrow Q = m l v / (qR) \Rightarrow q/m = ?$$

БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ ГАЛЬВАНОМЕТР. Что доказал опыт?

Основные положения КЭТ (Друде, Томсон, 1900 г.): а) СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛА. Концентрация атомов и свободных электронов в металле:

? ?

$$n \approx \rho N_A / A \approx 10^{29} \text{ 1/м}^3$$

б) ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ ИОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ, ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ. СКОРОСТЬ ТЕПЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ  $\langle v \rangle = (8kT/\pi m)^{1/2} = ?$  в) ДРЕЙФ ЭЛЕКТРОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОЛЯ. ЕГО СКОРОСТЬ  $\langle u \rangle = j / en = ?$  СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛЯ  $c = ?$  Какая из этих скоростей определяет скорость передачи электроэнергии по проводам?

Чем объясняет КЭТ электрическое сопротивление? Объяснение КЭТ для закона Ома:

$$a = F/m = eE/m \Rightarrow (U_{\max} = U_0 + a \langle t \rangle = a \langle l \rangle / \langle v \rangle) \Rightarrow \langle u \rangle = eE \langle l \rangle / 2m \langle v \rangle \Rightarrow$$

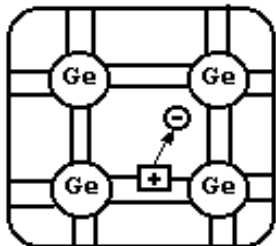
$j = en \langle u \rangle = e^2 n E \langle l \rangle / 2m \langle v \rangle$ . Какой закон получен? От чего зависит удельная электропроводность металла? Какой принимается средняя длина свободного пробега электронов? Как и почему с ростом температуры должно меняться сопротивление металла:  $\rho = 1/\sigma \sim \langle v \rangle \sim (T)^{1/2}$ .

Объяснение КЭТ для закона Джоуля-Ленца: добавочная энергия разгона электронов полем в конце свободного пробега  $W_k = mU_{\max}^2 / 2 = m(a \langle t \rangle)^2 / 2 = (e \langle l \rangle E)^2 / (2m \langle v \rangle^2)$ . Число столкновений одного электрона за 1 секунду  $z = 1/\langle t \rangle = \langle v \rangle / \langle l \rangle$ . Тогда выделяющаяся в единице объёма мощность (удельная мощность)  $w = nzW_k = ?$  Какой закон получен?

Трудности КЭТ: а) экспериментальная зависимость сопротивления металлов от температуры; ЯВЛЕНИЕ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ (Камерлинг-Оннес, 1911 г.). б) Сравнение длины свободного пробега, полученной из удельного сопротивления  $\langle l \rangle = 2m \langle v \rangle / e^2 n \rho = 10^{-7}$  м, с расстоянием  $d$  между атомами  $d \approx (1/n)^{1/3} \approx 10^{-10}$  м. в) Причина отличия молярной теплоёмкости диэлектрика  $C_{\mu} = 6R/2$  и проводника  $C_{\mu} = 9R/2$  в теории; экспериментальный закон Дюлонга и Пти.

**Самостоятельно:** экспериментально наблюдаемые свойства сверхпроводников (критическая температура; эффект Мейснера; критические поле и ток). Т. § 239. Использование сверхпроводимости, открытие высокотемпературных сверхпроводников: научно-популярные журналы и сеть Интернет.

### 13. СОБСТВЕННЫЕ И ПРИМЕСНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ. ЭЛЕКТРОННАЯ И ДЫРОЧНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ.

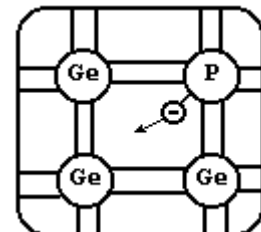


ПОЛУПРОВОДНИК. Значения удельного сопротивления для проводников ( $10^{-5} - 10^{-8}$  Ом·м), диэлектриков ( $10^4 - 10^{18}$  Ом·м) и полупроводников ( $10^4 - 10^{-5}$  Ом·м). СОБСТВЕННЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ.

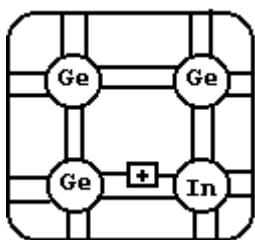
Зависимость сопротивления полупроводника от температуры; объяснение её. Объяснение собственной проводимости германия на языке связей: движение коллективизированных электронов по связям; освобождение электронов при тепловом разрыве связей; ДЫРКА; дрейф дырки за счёт движения связанных электронов; РЕКОМБИНАЦИЯ.

Число электронов и дырок собственного полупроводника.

ПРИМЕСНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ. Донорная примесь; проводимость n-типа (электронная).



Объяснение проводимости германия с примесью фосфора на языке связей. Локальные (примесные) энергетические уровни ЛЭУ. Объяснение электронной проводимости на зонном языке. Почему вклад дырок в проводимость n-полупроводника незначителен? При каких условиях вклад дырок в проводимость n-полупроводника растёт?



Акцепторная примесь; проводимость p-типа (дырочная). Объяснение проводимости германия с примесью индия на языке связей. ТЕРМИСТОР, ФОТО- и ТЕНЗОРЕЗИСТОР, ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.

**Самостоятельно:** термо-, фото- и тензорезистор, их применения. М. § 23.

### 14. РАБОТА ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ МЕТАЛЛА. ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ. ВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ: ДИОД, ТРИОД, ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ТРУБКА. ХОЛОДНАЯ ЭМИССИЯ.

Каковы взгляды КЭТ на строение металла и движение в нём электронов? Что такое электронное облако и двойной заряженный слой на границе металла? РАБОТА ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ МЕТАЛЛА, ЕЁ ПРИЧИНЫ. От чего зависит работа выхода? Какова она по величине?

ЯВЛЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ. УСТРОЙСТВО ВАКУУМНОГО ДИОДА И СХЕМА ЕГО ВКЛЮЧЕНИЯ; АНОД, КАТОД, НИТЬ НАКАЛА, ТОКИ АНОДНЫЙ И НАКАЛА. ВИД ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДА; ТОК НАСЫЩЕНИЯ, ЕГО ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ. Подчиняется ли анодный ток закону Ома? На каком участке вольтамперной характеристики (ВАХ) справедлив закон Богуславского-Лэнгмюра (закон трёх вторых)? Как по величине тока насыщения найти число испускаемых катодом электронов? Что такое задерживающая разность потенциалов и как с её помощью найти максимальную скорость

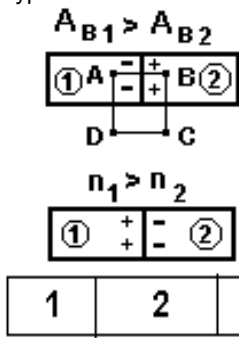
эмитируемых электронов:  $mv_{\max}^2 = 2eU_3 \Rightarrow v_{\max} = ?$  Чем объясняется свойство диода пропускать ток лишь в одну сторону (ВЕНТИЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ) и для чего это применяется?

УСТРОЙСТВО И СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ВАКУУМНОГО ТРИОДА. Работа сетки. Вакуумный триод как усиленный элемент. Электронно-лучевая трубка. Устройство электронного микроскопа. Растровый электронный микроскоп.

ХОЛОДНАЯ (автоэлектронная) ЭМИССИЯ. Её применение в ионных и электронных проекторах. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ).

**Самостоятельно:** устройство и принцип действия электронного микроскопа и СТМ, электронно-лучевой труб-

ки; основные блоки и принцип действия электронного осциллографа. Что видно на экране осциллографа при отношении частот исследуемого синусоидального сигнала и развёртки 3:2? 2:3? Ми., ч.1 Научно-популярные журналы.



**15. ЗАКОНЫ ВОЛЬТА. ИХ ОБЪЯСНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИЕЙ. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В КОНТАКТЕ МЕТАЛЛОВ; ТЕРМОПАРА, ТЕРМОБАТАРЕЯ, ИХ ПРИМЕНЕНИЕ.**

Законы Вольта (около 1798 г.). КОНТАКТНАЯ РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ (КРП, первый закон Вольта). Объяснение КЭТ для первого закона: а) Причина первой составляющей КРП: из ? ? ?

$A_{ABCD} = 0 \Rightarrow A_{12} = A_{B2} - A_{B1} \Rightarrow U' = A_{12}/e = (A_{B2} - A_{B1})/e$ . Каков порядок величины этой составляющей? Зависит ли она от температуры? б) Причина второй составляющей

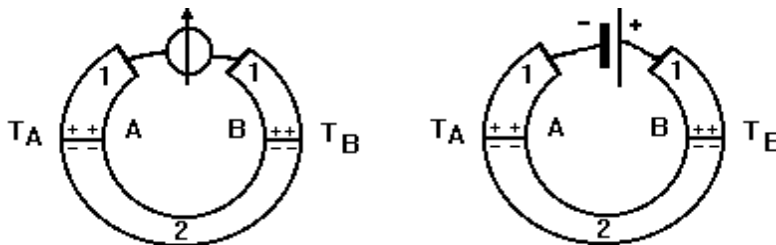
КРП: из распределения Больцмана концентрация  $n_1 = n_2 e^{-\Delta W / kt} \Rightarrow (\Delta W = eU'') \Rightarrow n_1 = n_2 e^{-eU''/kt} \Rightarrow U'' = [kt \cdot \ln(n_2/n_1)]/e$ . Как велика эта составляющая? От чего зависит? Полная КРП  $U = U' + U'' = ?$  Что можно сказать о ней? Второй закон Вольта и его

объяснение КЭТ:

$$U_{13} = U_{12} + U_{23} = (A_{B2} - A_{B1})/e + [kt \cdot \ln(n_2/n_1)]/e + (A_{B3} - A_{B2})/e + [kt \cdot \ln(n_3/n_2)]/e = ?$$

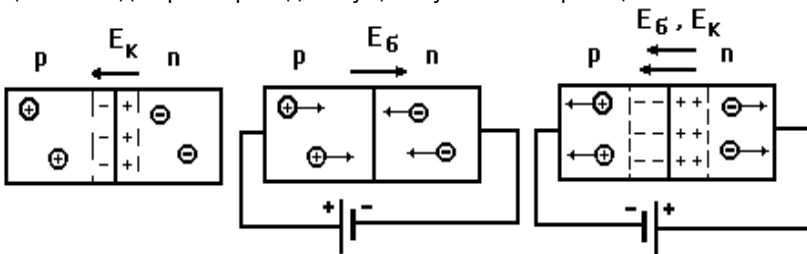
ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА; ТЕРМОЭДС. ТЕРМОПАРА, её применение. ТЕРМОСТОЛБИК (термобатарея), его применение.

ЭФФЕКТ ПЕЛЬТЬЕ, его объяснение КЭТ, области применения.



**16. КОНТАКТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ. ЗАПИРАЮЩИЙ СЛОЙ. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОД И ТРИОД.**

Отличия металлов и полупроводников: концентрация свободных зарядов; их знак; зависимость концентрации от температуры. Как создать p-n переход? ЗАПИРАЮЩИЙ СЛОЙ. Свободны ли его заряды? Какова роль контактного поля  $E_k$ ? Какими зарядами созданы диффузионный ток и ток проводимости? Какова толщина запирающего слоя для p-n перехода? Существует ли запирающий слой на контакте двух разных металлов?



Прямое включение перехода. Роль поля батареи  $E_b$ . Каковы сопротивление и толщина перехода?

Обратное включение перехода. Роль поля батареи  $E_b$ . Каковы сопротивление и толщина перехода? Какой ток растёт? Почему обратный ток мал и насыщается уже в слабых полях?

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД. ЕГО ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ.

ТРАНЗИСТОР (полупроводниковый триод). Назначение коллектора, базы, эмиттера; их конструктивные особенности.

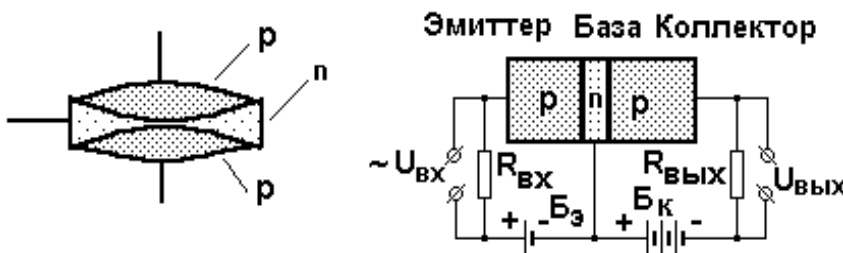
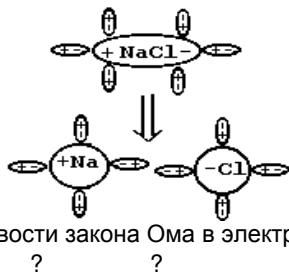


Схема включения с общей базой: каковы токи эмиттера и коллектора? Почему это так? По какому параметру усиливается сигнал и почему это возможно?

Эффекты Зеебека и Пельтье в полупроводниках, причины их резкого усиления; применение приборов, использующих эти эффекты.

**Самостоятельно:** большие интегральные схемы (БИС) - основа современной микроэлектроники; их устройство и технология получения. Литература: научно-популярные книги и журналы, сеть Интернет.

**17. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ. ЭЛЕКТРОЛИЗ, ЗАКОНЫ ФАРАДЕЯ. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. АККУМУЛЯТОРЫ.**



ЭЛЕКТРОЛИТ. ПРОВОДНИКИ ПЕРВОГО И ВТОРОГО РОДА. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ. Какова роль теплового движения в создании свободных зарядов в электролите? РЕКОМБИНАЦИЯ. Какова роль оболочек из нейтральных молекул, окружающей ионы (сольватной оболочки)? От чего зависит её размер? Как зависит степень диссоциации от концентрации раствора? Зарядится ли раствор при диссоциации, если валентность образующихся ионов разная?

ДВА УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТОКА. ЭЛЕКТРОД. АНОД, КАТОД, ИОН, КАТИОН, АНИОН. Природа сопротивления в электролитах. Объяснение справедливости закона Ома в электролитах: для катиона

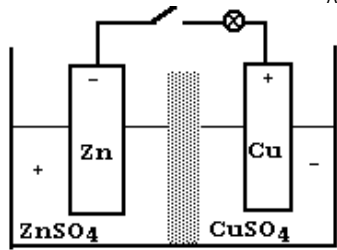
? ? ? → →

$$F_+ = z_+ e E; F_{\text{тр}} = 6\pi\eta r_+ v_+; z_+ e E = 6\pi\eta r_+ v_+ \Rightarrow v_+ = b_+ E, \text{ где подвижность } b_+ = ?$$

Для аниона скорость дрейфа  $v_- = ?$  С учётом  $j = qnv = \sigma E \Rightarrow j = ?$  Чему равна удельная электропроводность? Почему и как сопротивление электролита зависит от температуры?

ЭЛЕКТРОЛИЗ. Его скорость: для 60 г соли NaCl с молярной массой  $A = 60$  г число ионов  $N = 2N_A = ?$ , что для тока в 10 А соответствует примерно ? ионов/С или времени электролиза ? часов. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ЭЛЕКТРОЛИЗА. Смысл ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА. ВТОРОЙ ЗАКОН ФАРАДЕЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА. ХИМИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ. Доказательство фундаментального характера постоянной во втором законе: для  $N$  ионов массой  $m_i$  и зарядом  $ze$  из 1-го закона

$$m_i \cdot N = k \cdot zeN \Rightarrow k = (m_i / ze) \cdot \frac{eN_A}{z} = \dots \Rightarrow k = ? \text{ Смысл постоянной}$$



$F = 9,65 \cdot 10^7$  Кл/кмоль (ПОСТОЯННОЙ ФАРАДЕЯ)? ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ДАНИЭЛЯ. ПРИРОДА И МЕСТО ДЕЙСТВИЯ СТОРОННИХ СИЛ В ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ.

**Самостоятельно:** применения электролиза; АККУМУЛЯТОРЫ. Научно-популярные журналы и сеть Интернет.

### 18. ГАЗОВЫЙ РАЗРЯД, УСЛОВИЯ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ, ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. ЧЕТЫРЕ ВИДА РАЗРЯДОВ, ИХ ПРИМЕНЕНИЕ. МОЛНИЯ. ПЛАЗМА.

ГАЗОВЫЙ РАЗРЯД. ДВА УСЛОВИЯ ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ. ВНЕШНИЙ ИОНИЗАТОР. ВИД ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ВАХ) РАЗРЯДА; САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ И НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РАЗРЯДЫ. Какие 5 участков можно выделить на ВАХ? Чем объясняется выполнение закона Ома на первом участке ВАХ и насыщение тока на третьем? Как скажется на виде ВАХ изменение мощности внешнего ионизатора?

УДАРНАЯ ИОНИЗАЦИЯ. В чём проявляется её действие на участке 4 ВАХ? Как зависит возможность начала ударной ионизации от величины поля, давления в газе и вида зарядов? ЭЛЕКТРОННЫЕ И ИОННЫЕ ЛАВИНЫ. Что такое рекомбинационное свечение газа?

Каково условие возникновения самостоятельного разряда на участке 5 ВАХ? Описать роль поддерживающих его процессов: ВТОРИЧНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ, образования ионных лавин, ФОТОИОНИЗАЦИИ, термоэлектронной эмиссии. ЧЕТЫРЕ ВИДА САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАЗРЯДОВ: для каждого указать характерные черты (напряжение возникновения, давление, температуру газа и пр.) и области применения. Газовые разряды в природе; молния.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ И СЧЁТЧИКА ГЕЙГЕРА-МЮЛЛЕРА. В чём их различие?

Оценка степени ионизации газа: пусть между электродами площадью  $1 \text{ м}^2$ , удалёнными на 1 м друг от друга, идёт ток 160 А, т.е. число попадающих за 1 с на электроды ионов  $N = ?$  Велико ли это число в сравнении с максимально возможной концентрацией ионов в газе, если учесть число Лошмидта  $3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ? ПЛАЗМА. Её применение в технике и медицине, распространение в природе. Проблема управляемого термоядерного синтеза (УТС) и плазма: как они связаны? Как работает установка типа "Токамак"? Что обещают эти исследования?

**Самостоятельно:** четыре вида самостоятельных разрядов, их особенности, применение. Газовые разряды в природе, молния. Плазма; её применение; плазма в природе; проблема управляемого термоядерного синтеза. М. § 29, 30. Научно-популярные журналы и сеть Интернет.

## Часть 3. МАГНЕТИЗМ.

### 19. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ЕГО ОПИСАНИЕ. ЗАКОН АМПЕРА. КРУГОВОЙ ТОК В МАГНИТНОМ ПОЛЕ. МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ ВИТКА С ТОКОМ.

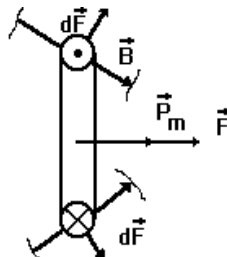
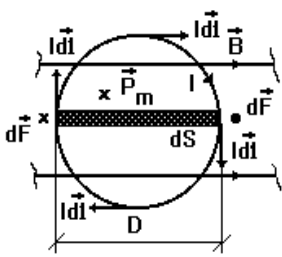
Что известно о взаимодействиях постоянных магнитов? В чём заключался ОПЫТ ЭРСТЕДА? Как взаимодействуют прямые параллельные токи? Постоянный магнит и провод с током?

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, ЕГО ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА. ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ; НАПРАВЛЕНИЕ ЭТОГО ВЕКТОРА. СИЛОВЫЕ ЛИНИИ (сравнить определения силовых линий электрического и магнитного полей) ЭЛЕМЕНТ ТОКА. ЗАКОН АМПЕРА. ПРАВИЛО БУРАВЧИКА, ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ. Для прямого провода в однородном поле (как узнать, что поле однородно, не умея его измерять?)

$$? \rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$$

$$F = I \perp B \sin(1^\wedge B) \Rightarrow [I \perp B] \Rightarrow B = F / I \perp. \text{ СМЫСЛ ВЕКТОРА } B; \text{ ЕГО ЕДИНИЦА.}$$

Поведение кругового тока в однородном магнитном поле: действующий на диаметрально противоположные элементы тока вращающий момент



? ? →  
 $dM = dF \cdot D = I \cdot dl \cdot D \cdot B = I \cdot B \cdot dS$ . Полный момент  $M = ?$   
 ВЕКТОР МАГНИТНОГО

МОМЕНТА  $p_m = ?$  ЕГО НАПРАВЛЕНИЕ (правило буравчика). Запись вращающего

момента с учётом  $p_m$ :  $M = ?$  ЕГО НАПРАВЛЕНИЕ (правило буравчика для векторного произведения). До каких пор поворачивается

контур в однородном поле? Как с помощью контура оценить величину поля? Как меняется поведение контура в неоднородном поле? СИЛА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОВОДОВ С ТОКОМ  $F = ?$

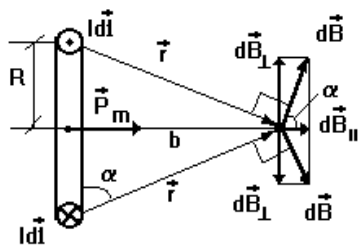
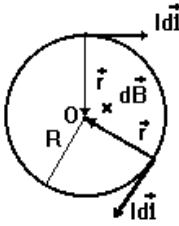
В чём заключалась гипотеза Ампера о природе магнетизма веществ? МАГНЕТИК. Есть ли в природе вещества-немагнетики? Что происходит в магнетике, внесённом в однородное поле  $B_0$ , созданное в вакууме? Как объяснить появление собственного поля магнетика  $B'$ ? ПОЛНОЕ ПОЛЕ ВНУТРИ МАГНЕТИКА  $B = ?$  СМЫСЛ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВЕЩЕСТВА:  $\mu = ?$  Слабые и сильные магнетики: что можно сказать о значении  $\mu$  для них?

**Самостоятельно:** контур с током в неоднородном поле С.6.8.

**20. ЗАКОН БИО-САВАРА. ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ПОЛЕ КРУГОВОГО И ПРЯМОГО ТОКОВ.**

Опыты Био и Савара. ЗАКОН БИО-САВАРА, роль Лапласа в его формулировке. Направление вектора  $dB$  (ПРАВИЛО БУРАВЧИКА). ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ. ВЕКТОР НАПРЯЖЁННОСТИ  $H = ?$  СМЫСЛ ЕГО ВВЕДЕНИЯ. Аналогом какого вектора в электростатике он является? ЕДИНИЦА  $H$ . ЗАКОНЫ АМПЕРА И БИО-САВАРА ДЛЯ ВЕКТОРА  $H$ .

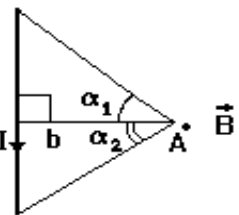
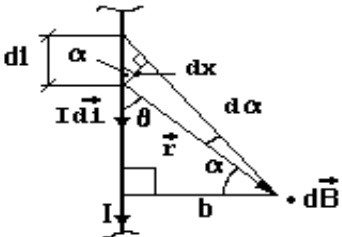
а) Расчёт поля в центре кругового тока:  $dB = \mu_0 I dl / (4\pi R^2)$ ;  $B = \int dB = \mu_0 I / (2R)$ . Запись с помощью вектора  $p_m$ : вектор  $B = ?$



б) Поле на оси кругового тока:  $dB = \mu_0 I dl / (4\pi r^2) = \mu_0 I dl / [4\pi (b^2 + R^2)]$ ;  $dB_{||} = dB \cos \alpha \Rightarrow [\cos \alpha = R / (b^2 + R^2)^{1/2}] \Rightarrow dB_{||} = \mu_0 I R dl / [4\pi (b^2 + R^2)^{3/2}]$ ;  $B = \int dB_{||} = \mu_0 I R^2 / [2 (b^2 + R^2)^{3/2}]$ . Для  $b \gg R \Rightarrow B = \mu_0 p_m / (2\pi b^3)$ . ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ПОЛЯ

КРУГОВОГО ТОКА.

в) Поле прямого тока:  $dB = \mu_0 I dl \sin \theta / (4\pi r^2) \Rightarrow (\sin \theta = \cos \alpha; dl = dx / \cos \alpha) \Rightarrow dB = \mu_0 I dx / (4\pi r^2) \Rightarrow dx = r d\alpha; r = b / \cos \alpha$

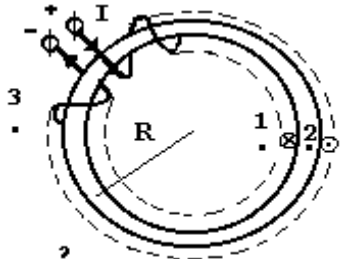
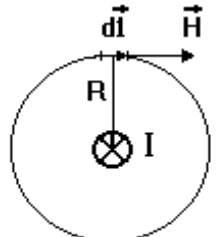


$\Rightarrow dB = \mu_0 I d\alpha / (4\pi r) = \mu_0 I \cos \alpha d\alpha / (4\pi b)$ .

Для тока конечной длины  $B_A = \mu_0 I / (4\pi b) [\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1] = \mu_0 I (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2) / (4\pi b)$ .

Для бесконечного прямого тока  $\alpha_1 \Rightarrow \alpha_2 \Rightarrow B = ?$  ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ПОЛЯ ПРЯМОГО ТОКА. Как здесь звучит правило буравчика? В ЧЁМ ВАЖНОСТЬ ФОРМУЛЫ ПОЛЯ ПРЯМОГО ТОКА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ? ПРАВИЛО ЗНАКОВ В НЕЙ.

**21. ЗАКОН ПОЛНОГО ТОКА (ТЕОРЕМА О ЦИРКУЛЯЦИИ ДЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ). ВИХРЕВОЙ ХАРАКТЕР ЭТОГО ПОЛЯ. ПОЛЕ ТОРОИДА И СОЛЕНОИДА. ТЕОРЕМА ГАУССА ДЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.**



$\Gamma = \oint H_1 dl = \oint H dl = H \cdot 2\pi R \Rightarrow (H = I / 2\pi R) \Rightarrow \Gamma = ?$

Получение закона полного тока: для контура в виде соосной с длинным прямым током силой I окружности радиуса R:

ЗАКОН ПОЛНОГО ТОКА (теорема о циркуляции для магнитного поля). ПРАВИЛО ЗНАКОВ. ТЕОРЕМА О ЦИРКУЛЯЦИИ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА ПО СЕЧЕНИЮ. Каковы признаки того

что магнитное поле является Вихревым?

Вычисление поля тонкого тороида с радиусом средней линии R, числом равномерно распределенных витков N и током I: а) каков возможный вид силовых линий магнитного поля с учётом симметрии задачи? б) с учётом закона полного тока для точек 1 и 3 поле H = ? в) для точки 2 циркуляция вектора H будет ? ?

$\Gamma = N \cdot 2\pi R = NI \Rightarrow H = ?$  ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ПОЛЯ ТОРОИДА. Как распределяется поле внутри толстого тороида?

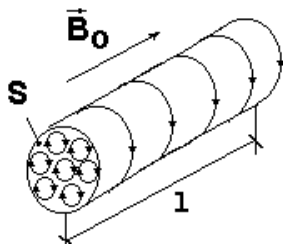
Как от тороида перейти к соленоиду? Вычисление поля длинного соленоида в предельном переходе: для тороида  $H = ? \Rightarrow H = NI/l \Rightarrow (n=N/l) \Rightarrow H = nl \Rightarrow V = ?$  Поле на краю длинного соленоида  $H = ?$  ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ПОЛЯ СОЛЕНОИДА И ПОЛОСОВОГО ПОСТОЯННОГО МАГНИТА.

ТЕОРЕМА ГАУССА ДЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ЕЁ ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ. Сравнить теоремы Гаусса и о циркуляции в электрическом и магнитном полях.

**Самостоятельно:** поле внутри длинного прямого цилиндрического провода с постоянным током. М. § 34.

## 22. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ. ДИА- И ПАРАМАГНЕТИКИ.

ВЕКТОР НАМАГНИЧЕННОСТИ J, ЕГО СМЫСЛ И ЕДИНИЦА (сравнить с вектором поляризованности диэлектриков).



Поле внутри длинного цилиндрического магнетика, соосного однородному полю  $B_0$ ?

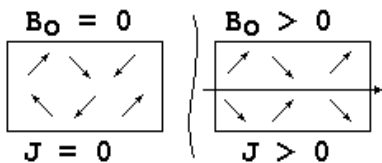
$B' = \mu_0 n I \Rightarrow (I_0 = nI) \Rightarrow B' = \mu_0 I_0; P_m = IS = I_0 IS; J = P_m/V = I_0 IS/IS = I_0;$

$B' = \mu_0 I_0 = \mu_0 J \Rightarrow B' = \mu_0 J.$  Полное поле  $B = B_0 + B' = \mu_0 (H + J).$  Связь

НАМАГНИЧЕННОСТИ J и НАПРЯЖЁННОСТИ H; что характеризует магнитная восприимчивость  $\chi$ ?

Из  $J = ? \Rightarrow B = \mu_0 (1 + \chi)H \Rightarrow (\mu = ?) \Rightarrow B = ?$  Смысл относительной магнитной проницаемости  $\mu$  (сравнить с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ ).

ДВА ОСНОВНЫХ ВИДА СЛАБЫХ МАГНЕТИКОВ. ИХ СВОЙСТВА В ОПЫТАХ; ЗНАЧЕНИЯ  $\chi$  и  $\mu$ , знак  $\chi$ , ВИД ЗАВИСИМОСТИ J(H).

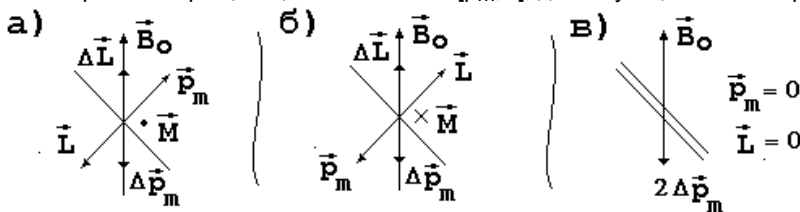


Объяснение парамагнетизма по Ланжевону как следствия ориентации атомов, имеющих магнитный момент, внешним магнитным полем. Роль теплового движения. Сравнение энергий теплового движения и энергии ориентации в поле. Как зависит  $\chi$  парамагнетика от температуры?

Объяснение диамагнетизма как следствия ларморовой прецессии электронных орбит в атомах, не имеющих собственного магнитного

а) каковы направления векторов момента импульса L и магнитного момента  $p_m$  электрона на орбите?

Как направлен вращающий момент  $M = [p_m, B]$ , действующий на электронную орбиту во внешнем поле  $B_0$ ?



Основное правило прецессии гироскопа  $dL/dt \approx M$ . Как направлены движение конца вектора L, вектор

добавочного момента импульса  $\Delta L$  и вектор добавочного магнитного момента  $\Delta p_m$  для данной ориентации орбиты?

б) Что изменится при другой ориентации орбиты? в) Каково направление вектора суммарного

добавочного магнитного момента  $2\Delta p_m$  относительно внешнего поля  $B_0$ ?

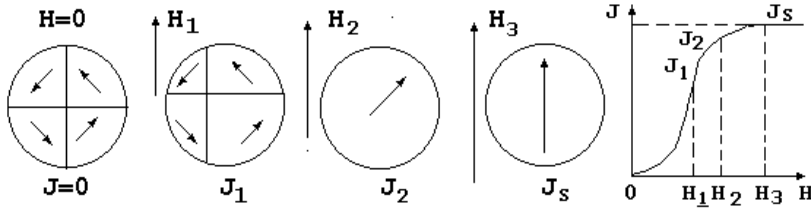
Какой эффект слабее - диа- или парамагнитный? Какой универсален?

## 23. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРОМАГНЕТИКОВ. ПРИРОДА ФЕРРОМАГНЕТИЗМА.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО НАБЛЮДАЕМЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРОМАГНЕТИКОВ: ЗНАЧЕНИЯ  $\chi$  и  $\mu$ , ВИД ОСНОВНОЙ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ, ТОЧКА КЮРИ, СУЩЕСТВОВАНИЕ ДЛЯ КРИСТАЛЛОВ, ГИСТЕРЕЗИС, МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ. ВИД ОСНОВНОЙ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА: коэрцитивная сила  $H_c$  и остаточная намагниченность  $J_r$ . Примеры ферромагнитных элементов периодической системы. МАГНИТНО-МЯГКИЕ И МАГНИТНО-ЖЁСТКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ИХ ПРИМЕНЕНИЕ.

СХЕМА ОПЫТА ЭЙНШЕЙНА И ДЕ ГАЗА. Орбитальные и спиновые характеристики электрона. Почему суммарный момент импульса всех электронов стержня исходно равен нулю? Почему при включении магнитного поля катушки стержень поворачивается? Каков главный результат опыта?

ДОМЕН. Доменная теория строения ферромагнетика: почему в исходном состоянии намагниченность отсутствует? Процессы, определяющие вид основной кривой намагничивания: обратимое смещение границ доменов; необратимое смещение границ доменов; вращение вектора намагниченности. ФИГУРЫ АКУЛОВА-БИТТЕРА И ЭФФЕКТ БАРКГАУЗЕНА КАК ДОКАЗАТЕЛЬСТВО СУЩЕСТВОВАНИЯ ДОМЕНОВ. Объяснение ферромагнетизма квантовой теорией как следствия ориентации спиновых моментов электронов при их обменном взаимодействии. Почему существует точка Кюри?

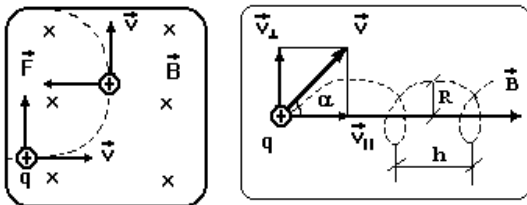


Самостоятельно: опыт Эйнштейна и де Гааза; антиферромагнетики; ферриты. М. § 42, 43.

**24. СИЛА ЛОРЕНЦА. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯДА В ОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ. ЭФФЕКТ ХОЛЛА. РАБОТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ; МАГНИТНЫЙ ПОТОК.**

Получение формулы силы Лоренца из формулы силы Ампера:

$$\vec{l} = \vec{j}S; |\vec{l}| = jS|\vec{l}| \Rightarrow d\vec{F} = ? \Rightarrow (j = \pm qnv) \Rightarrow d\vec{F} = \pm qnSd[\vec{v}, \vec{B}] \Rightarrow F_L =$$



$dF/N = ?$  ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ СИЛЫ (ПРАВИЛА ЛЕВОЙ РУКИ И БУРАВЧИКА).  
Движение заряда в однородном поле В:

а) если  $v \perp B$ , то ?

$$mv^2/R = qvB \Rightarrow R = mv/qB \Rightarrow (l = 2\pi R; T = l/v) \Rightarrow T = 2\pi m / (qB).$$

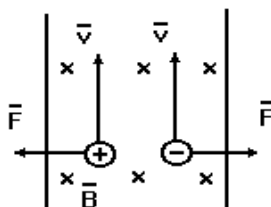
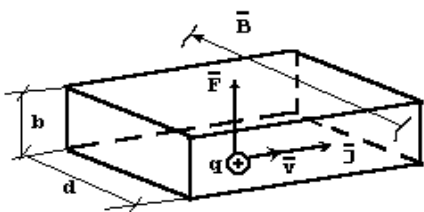
Как это применяется в масс-спектрометре и циклотроне? Устройство, принцип действия и назначение этих приборов.

$\vec{v} \wedge \vec{B} = \alpha$  ? ? ?

б) если  $(v \wedge B) = \alpha$ , то радиус спирали  $R = mv_{\perp} / (qB) = mv \cdot \sin\alpha / (qB)$ ; шаг спирали  $h = v_{\parallel} T = 2\pi mv \cdot \cos\alpha / (qB)$ .

Как изменится движение заряда в неоднородном поле? Где это наблюдается в природе и может использоваться на практике? ?

ЭФФЕКТ ХОЛЛА. Его объяснение:  $qE = qvB \Rightarrow E = vB = jB / (en) \Rightarrow U = jBb / (en) \Rightarrow U = (jbB/en) \cdot d/d \Rightarrow U = IB / (R_H d)$ .



Как с помощью эффекта Холла определить знак носителей тока? Где применяется эффект Холла?

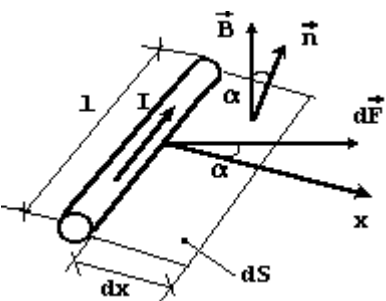
Принцип действия МГД-генератора? Его преимущества, трудности создания.

Элементарная работа перемещения элемента тока в магнитном поле ?

$$\delta A = dF dx \cos\alpha = \int B dx \cos\alpha = IBdS \cos\alpha.$$

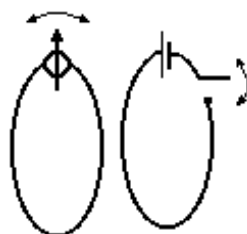
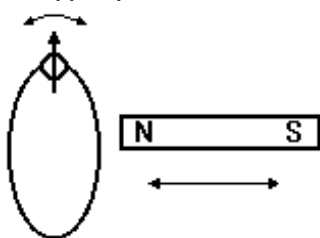
Элементарный магнитный поток  $d\Phi = ?$  МАГНИТНЫЙ ПОТОК; его смысл. ПОЛНАЯ РАБОТА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОНТУРА С ТОКОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ A = ? Что совершает эту работу?

Самостоятельно: масс-спектрометр; циклотрон; циклические ускорители: М. § 36.



**Часть 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.**

**25. ОПЫТЫ ФАРАДЕЯ. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ (ЭМИ). ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ. ПРАВИЛО ЛЕНЦА. ДВА МЕХАНИЗМА ПОЯВЛЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО ТОКА.**



ДВЕ СЕРИИ ОПЫТОВ ФАРАДЕЯ. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ. Получение закона ЭМИ

?  
по Гельмгольцу:  $\int \mathcal{E} dt = \int d\Phi + I^2 R dt \Rightarrow I =$

$[\varepsilon + (-d\Phi/dt)]/R \Rightarrow ?$  ЗАКОН ЭМИ (ЗАКОН ФАРАДЕЯ). ПРАВИЛО ЛЕНЦА. Как найти силу ИНДУКЦИОННОГО ТОКА и прошедший в цепи заряд?

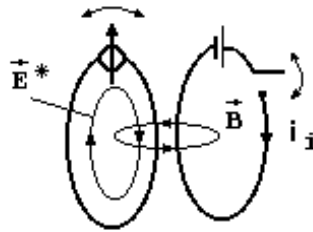
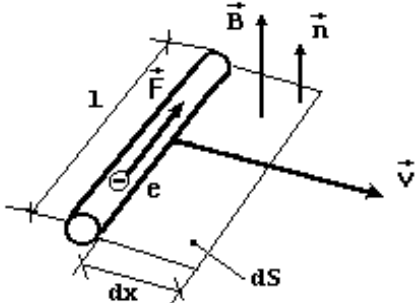
Каков МЕХАНИЗМ ПОЯВЛЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО ТОКА В ПЕРВОЙ СЕРИИ ОПЫТОВ ФАРАДЕЯ? На

? ?  $\rightarrow \rightarrow$   $\rightarrow \rightarrow$

концах провода длиной  $l$  разность потенциалов  $U = \varepsilon_i = \int E^* dl \Rightarrow [E^* = F_m/e; F_m = ? \Rightarrow E^* = v \wedge B]$

$\rightarrow \rightarrow$   $\rightarrow \rightarrow ?$   $\rightarrow \rightarrow$   $\rightarrow \rightarrow$

$\Rightarrow \varepsilon_i = vBl \sin(v \wedge B) \Rightarrow [\sin(v \wedge B) = \cos(B \wedge n)] \Rightarrow \varepsilon_i = Bl \cos(B \wedge n) \cdot dv/dt$   
 $\Rightarrow B \cos(B \wedge n) \cdot dS/dt = d\Phi/dt.$

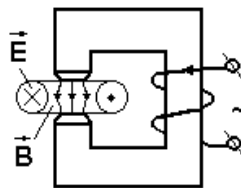
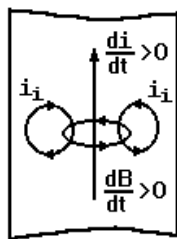
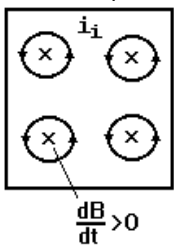


Какова ПРИЧИНА ИНДУКЦИОННОГО ТОКА ВО ВТОРОЙ СЕРИИ ОПЫТОВ? ВИХРЕВОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ, ЕГО СВОЙСТВА. В чём сходство и отличие данного поля от электростатического и магнитного? Чем оно

$$\oint_L E^* dl = - d\Phi/dt = - \int_S \dot{B}_n dS.$$

создаётся? Каков вид его силовых линий?

ВИХРЕВЫЕ ТОКИ (ТОКИ ФУКО). Их учёт и применение. СКИН-ЭФФЕКТ. Его объяснение с помощью правила Ленца. Устройство, принцип действия и применения бетатрона.

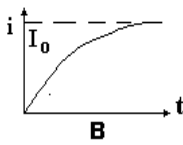
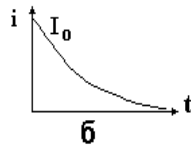
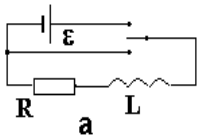


**Самостоятельно:** учёт и применение вихревых токов. Устройство, принцип действия и применения бетатрона. Скин-эффект. М. § 45. Научно-популярные журналы, сеть Интернет.

**26. ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ. ИНДУКТИВНОСТЬ. ИНДУКТИВНОСТЬ СОЛЕНОИДА. ЯВЛЕНИЯ ПРИ ЗАМЫКАНИИ И РАЗМЫКАНИИ ЦЕПИ С ИНДУКТИВНОСТЬЮ. ЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОИНДУКЦИИ; ТРАНСФОРМАТОР. ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ.**

ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ. Как связан магнитный поток в контуре с силой тока в нём? ИНДУКТИВНОСТЬ  $L = ?$ , ЕЁ СМЫСЛ, ЕДИНИЦА. Индуктивность соленоида: магнитный поток  $\Phi = ?$ ; ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЕ

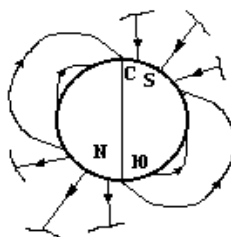
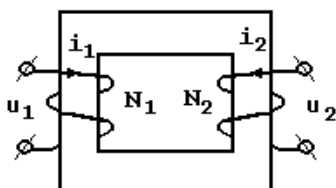
$\Psi = ? \Rightarrow (B = \mu\mu_0 NI/l) \Rightarrow \Psi = \mu\mu_0 N^2 IS/l \Rightarrow L = \mu\mu_0 N^2 S/l$ . Как найти ЭДС САМОИНДУКЦИИ в цепи без ферромагнитных материалов:  $\varepsilon_{si} = ?$  Каково второе название индуктивности?



Изменение тока при замыкании цепи с индуктивностью:  $iR = \varepsilon + \varepsilon_{si} = \varepsilon - L di/dt \Rightarrow di/dt + Ri/L = \varepsilon/L \Rightarrow i = I_0 + Ce^{-Rt/L} \Rightarrow [i_{t=0} = 0 \Rightarrow C = -I_0] \Rightarrow i = I_0(1 - e^{-Rt/L}); I_0 = \varepsilon/R.$

Изменение тока при размыкании такой цепи:  $I_0 = \varepsilon/R; iR = \varepsilon_{si} = ? \Rightarrow di/dt + Ri/L = 0 \Rightarrow di/i = -Rdt/L \Rightarrow \ln i = -Rt/L + \ln C \Rightarrow i = Ce^{-Rt/L} \Rightarrow [i_{t=0} = I_0 \Rightarrow C = I_0] \Rightarrow i = I_0 e^{-Rt/L}.$

Учёт перенапряжений, возникающих при размыкании цепи с большой индуктивностью. АНАЛОГИЯ ЯВЛЕНИЙ ИНЕРЦИИ И САМОИНДУКЦИИ.



ЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОИНДУКЦИИ. Устройство и ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТРАНСФОРМАТОРА; назначение железного сердечника. Повышающий и понижающий трансформаторы. Как, зная коэффициент трансформации  $K = N_2/N_1$ , найти отношение напряжений и токов первичной ( $u_1, i_1$ ) и вторичной



$(u_2, i_2)$  обмоток трансформатора? Как при трансформации меняется мощность? Каков КПД трансформатора? Применение трансформаторов. ? ? ?

Энергия контура с током:  $\delta A = id\Psi \Rightarrow d\Psi = Ldi \Rightarrow \delta A = Lidi \Rightarrow (\delta A = dW) \Rightarrow$

$W = \int_0^I Lidi = LI^2/2$ . Энергия магнитного поля в соленоиде:  $W = LI^2/2 \Rightarrow$

$[L = \mu_0 N^2 S / (l l) = B l / (\mu_0 N)] \Rightarrow W = B^2 S l / (2\mu_0) = B^2 V / (2\mu_0)$ . Объёмная

плотность энергии магнитного поля  $w = W/V = ? \Rightarrow (B = \mu_0 H) \Rightarrow w = ? = ?$

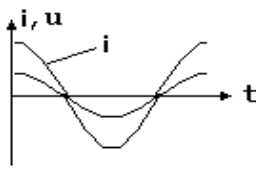
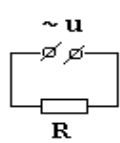
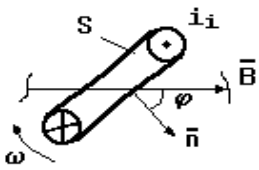
ВИД СИЛОВЫХ ЛИНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ: положение полюсов, примерная величина, направление в разных местах Земли.

**Самостоятельно:** токи при замыкании и размыкании цепи с индуктивностью, учёт экстратоков размыкания.

Магнитное поле Земли. М. § 34, 46.

**27. ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ ЭДС. КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК: СОПРОТИВЛЕНИЕ, ИНДУКТИВНОСТЬ И ЁМКОСТЬ В ЦЕПИ ТАКОГО ТОКА. МЕТОД ВЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.**

Получение переменной ЭДС:  $\varepsilon_i = -d\Phi/dt \Rightarrow (\Phi = BS\cos\varphi; \varphi = \varphi_0 + \omega t) \Rightarrow \varepsilon_i = \varepsilon_0 \sin(\omega t + \varphi_0); \varepsilon_0 = ?$



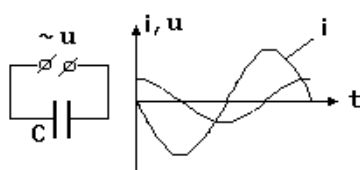
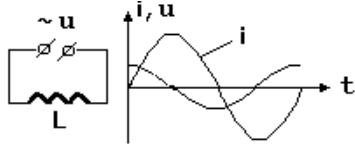
Переменный гармонически меняющийся ток  $i = \varepsilon_i / R = ?$  ЕГО ГРАФИК; ПОКАЗАТЬ НА ГРАФИКЕ АМПЛИТУДУ, ПЕРИОД, обозначить оси координат. Что такое МГНОВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ, ФАЗА, НАЧАЛЬНАЯ ФАЗА? Чем отличается КРУГОВАЯ ЧАСТОТА от частоты, как она

связана с периодом? Каковы ПАРАМЕТРЫ СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ?

КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ ТОК. Что означает условие квазистационарности  $t = 1/\omega \ll T$ ? Зачем надо выяснять, квазистационарен ли ток?

Переменный ток в цепях с различным характером сопротивления:

а) Цепь с АКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ R:  $i = u/R = (U_0 \cos\omega t)/R = I_0 \cos\omega t; I_0 = ?$  ЗАКОН ОМА ДЛЯ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С АКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ R. Объяснить ход графиков  $i(t)$  и  $u(t)$ . Как строится векторная диаграмма? ВИД ВЕКТОРНОЙ ДИАГРАММЫ ДЛЯ ЦЕПИ с R.

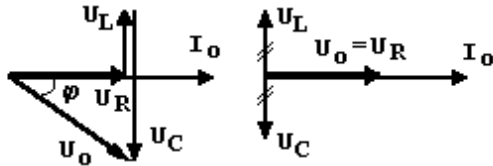
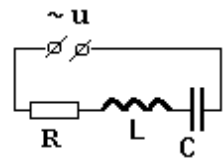


б) Цепь с индуктивностью L: из закона Ома для участка цепи с ЭДС ?

$iR = u + \varepsilon_{sl} \Rightarrow (\varepsilon_{sl} = ?; R = 0) \Rightarrow u - Ldi/dt = 0; u = u_L \Rightarrow u_L = U_0 \cos\omega t = Ldi/dt \Rightarrow di = (U_0/L) \cos\omega t dt \Rightarrow i = (U_0/\omega L) \sin\omega t =$

$I_0 \cos(\omega t - \pi/2); I_0 = ?$  ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ  $X_L$ , его связь с частотой. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С L, ВИД ВЕКТОРНОЙ ДИАГРАММЫ. Объяснить ход графиков  $i(t)$  и  $u(t)$ .

в) Цепь с ёмкостью C: из  $u = u_C = q/C \Rightarrow q = Cu = CU_0 \cos\omega t; i = dq/dt = U_0 C \omega \sin\omega t = I_0 \cos(\omega t + \pi/2); I_0 = ?$  ЁМКОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ  $X_C$ , его зависимость от частоты. Объяснить ход графиков  $i(t)$  и  $u(t)$ . Каков сдвиг фаз тока и напряжения в цепи с R, L, C ?



г) Цепь с последовательно соединёнными R, L и C. Получение закона Ома в такой цепи: ?

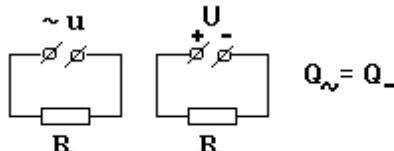
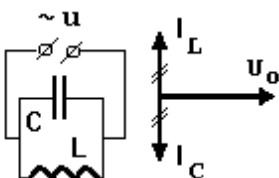
$U_0 = [(U_R^2 + (U_L - U_C)^2)]^{1/2} = [(I_0 R)^2 + (I_0 \omega L - I_0 / \omega C)^2]^{1/2} = I_0 [R^2 + (X_L - X_C)^2]^{1/2} = I_0 [R^2 +$

$X^2]^{1/2} = I_0 Z \Rightarrow I_0 = ?$  Что называют РЕАКТИВНЫМ и ПОЛНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ (импедансом) цепи? Вычисление сдвига фаз тока и напряжения: ? ?

$\cos\varphi = U_R/U_0 = R/Z = ?$

**28. РЕЗОНАНС ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ. МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. ДЕЙСТВУЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.**

В чём заключается ЯВЛЕНИЕ РЕЗОНАНСА? Что называется ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ КОНТУРОМ? Что такое РЕЗОНАНС НАПРЯЖЕНИЙ? УСЛОВИЕ РЕЗОНАНСА:  $X_L = X_C \Rightarrow \omega = ?, T = ?$  Как изменится



полное сопротивление контура при резонансе и для чего можно применить резонанс напряжений (ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС)? Чем это может быть опасно?

Что такое ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТУР? В чём заклю-

чается явление ПАРАЛЛЕЛЬНОГО РЕЗОНАНСА (РЕЗОНАНСА ТОКОВ)? УСЛОВИЕ РЕЗОНАНСА. Как меняется импеданс контура при резонансе в идеальном контуре и что происходит в реальном контуре?

Работа в цепи гармонически меняющегося тока  $\delta A = iudt = I_0 \cos(\omega t + \varphi) U_0 \cos \omega t dt \Rightarrow [\cos \alpha \cdot \cos \beta = 0.5 \cos(\alpha - \beta) + 0.5 \cos(\alpha + \beta)] \Rightarrow \delta A = 0.5 I_0 U_0 \cos \varphi dt + 0.5 I_0 U_0 \cos(2\omega t + \varphi) dt$ .

За период  $A = 0.5 I_0 U_0 \cos \varphi \int_0^T dt + 0.5 I_0 U_0 \int_0^T \cos(2\omega t + \varphi) dt = 0.5 I_0 U_0 T \cos \varphi$ .

МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА  $P = A/T = ?$  ДЕЙСТВУЮЩИЕ (ЭФФЕКТИВНЫЕ) ЗНАЧЕНИЯ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ: из равенства работ постоянного и переменного токов за период

$I^2 RT = \int_0^T i^2 R dt \Rightarrow I^2 RT = I_0^2 R \int_0^T \cos^2(\omega t + \varphi) dt \Rightarrow I^2 RT = I_0^2 RT/2 \Rightarrow I = I_0/(2)^{1/2}$ ;

$U = U_0/(2)^{1/2}$ ;  $P = ?$  КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ; КАК ЕГО ПОВЫСИТЬ С ПОМОЩЬЮ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РЕЗОНАНСА?

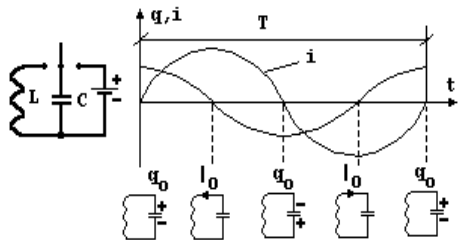
Самостоятельно: электромеханическая аналогия. М. § 53.

**29. СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА. ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ. ДОБРОТНОСТЬ. ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ И РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В КОНТУРЕ. ПОЛУЧЕНИЕ НЕЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ.**

Как возбудить СОБСТВЕННЫЕ (СВОБОДНЫЕ) колебания в идеальном контуре? Какова роль элементов контура? Какие этапы колебания можно выделить? Получение дифференциального уравнения колебаний заряда на обкладках конденсатора в этом случае:

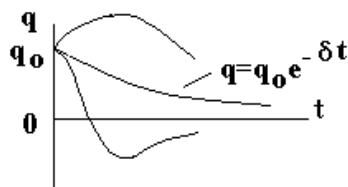
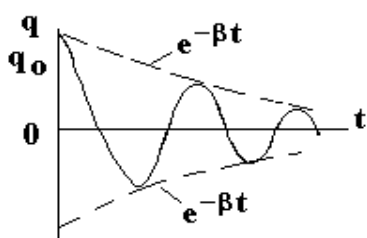
$u = \epsilon_{Si} \Rightarrow (u_c = q/C, \epsilon_{Si} = -L di/dt) \Rightarrow q/C + L di/dt = 0 \Rightarrow q + q/(LC) = 0 \Rightarrow [\omega_0^2 = 1/(LC)] \Rightarrow q + \omega_0^2 q = 0$ .

Гармонически меняющаяся функция  $q = ?$  как его решение. МГНОВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ, АМПЛИТУДА, ФАЗА, НАЧАЛЬНАЯ ФАЗА, КРУГОВАЯ (ЦИКЛИЧЕСКАЯ) ЧАСТОТА. Как найти законы  $i(t)$  и  $u(t)$ ? Каков сдвиг фаз тока и напряжения? СОБСТВЕННАЯ ЧАСТОТА СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ; ФОРМУЛА ТОМСОНА. Какие аналогии с механическими колебаниями можно установить?



Получение уравнения свободных колебаний в реальном контуре:  $iR + q/C = \epsilon_{Si} \Rightarrow q + Rq/L + q/(LC) = 0 \Rightarrow$

$[\omega_0^2 = 1/(LC), \beta = R/2L] \Rightarrow q + 2\beta q + \omega_0^2 q = 0$ . Как изменить коэффициент затухания  $\beta$ ? Два случая колебаний в реальном контуре: а)  $\beta^2 < \omega_0^2$ . Каков смысл условия? Вид решения  $q = q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha)$ ; смысл всех величин в формуле. Отличие затухающих колебаний от колебаний в идеальном контуре:  $\omega_0 \Rightarrow \omega = (\omega_0^2 - \beta^2)^{1/2}$ ;  $q_0 \Rightarrow q_0 e^{-\beta t}$ . Каков смысл логарифмического декремента затухания  $\lambda = \ln[q(t)/q(t+T)] = \ln[e^{-\beta t} / e^{-\beta(t+T)}] = \beta T$ ? С учётом ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ (ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ)  $\tau$  как времени уменьшения амплитуды



в "е" раз:  $q_0 e^{-\beta \tau} = q_0 / e \Rightarrow \beta \tau = 1$ ; с учётом  $\lambda = \beta T$  число  $N_e$  колебаний, за которое амплитуда уменьшится в "е" раз,  $N_e = 1/\lambda$ . Каков смысл добротности контура  $Q = \pi N_e = \pi/\lambda$ ? Для реального контура при  $\beta^2 \ll \omega_0^2$  добротность  $Q = \pi/\beta T = \omega/2\beta \Rightarrow [\omega \approx \omega_0 = (1/LC)^{1/2}] \Rightarrow Q \approx (L/R^2 C)^{1/2}$ .

б) Решение дифуравнения для  $\beta^2 > \omega_0^2$ :  $q = q_0 e^{-(\beta + \delta)t}$ , где  $\delta = (\beta^2 - \omega_0^2)^{1/2}$ . Что описывает функция? Как изменится она при разном начальном токе в контуре (использовать механическую аналогию)? Что называется ВЫНУЖДЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ?

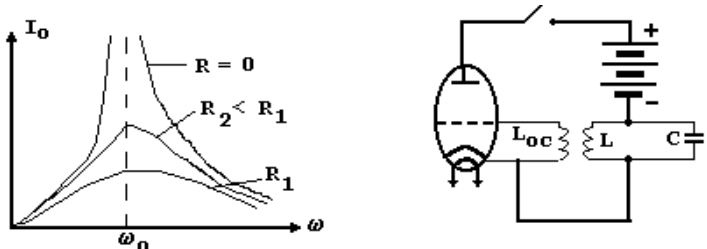
Получение дифуравнения вынужденных колебаний в реальном контуре для приложенного внешнего напряжения  $u = U_0 \cos \omega t$ :

$L di/dt + Ri + q/C = U_0 \cos \omega t \Rightarrow q + 2\beta q + \omega_0^2 q = (U_0/L) \cos \omega t$ . Его предполагаемое решение:  $q = q_0 \cos(\omega t + \psi)$ ; смысл всех величин. Использование обходного пути: получение решения для тока из закона Ома для переменного тока.

Из  $q = q_0 \cos(\omega t + \psi) \Rightarrow i = dq/dt = -q_0 \omega \sin(\omega t + \psi) \Rightarrow (\varphi = \psi + \pi/2, I_0 = q_0 \omega) \Rightarrow i = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$ , где по закону Ома

$I_0 = U_0 / [R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2]^{1/2}$ ,  $\text{tg} \varphi = (\omega L - 1/\omega C)/R$ . Обратный переход к уравнению для заряда:  $q_0 = I_0/\omega = ?$ ,

$\operatorname{tg}\psi = \operatorname{tg}(\varphi - \pi/2) = -\operatorname{ctg}\varphi = ?$  Переход к напряжению на конденсаторе контура:  $U_{co} = q_0/C = U_0/\{C\omega[R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2]^{1/2}\}$ .  
 При резонансе  $U_{co} = ?$   
 $U_0/(CR\omega) \Rightarrow [\omega = \omega_0 = 1/(LC)]^{1/2}; Q = (L/R^2C)^{1/2} \Rightarrow U_{co} = QU_0$ . Где это применяют?

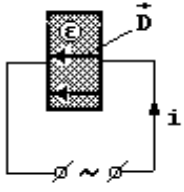


Объясните ход РЕЗОНАНСНЫХ КРИВЫХ для идеального и реального контура. Что такое АВТОКОЛЕБАНИЯ? Чем они отличаются от вынужденных? Что такое ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ? Как работает генератор незатухающих электромагнитных колебаний на вакуумном триоде? Как изменить частоту его колебаний?

**Самостоятельно:** устройство и принцип

действия генератора незатухающих колебаний на вакуумном триоде. М. § 56.

**30. ТОК СМЕЩЕНИЯ. УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА. ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ. ЕГО РЕШЕНИЕ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ.**



Мысленный эксперимент: контур с гальванометром убирается из вихревого электрического поля. В чём суть гипотезы Максвелла о симметрии природы?

Какой механизм замыкания тока проводимости в подходящих к конденсатору проводах через диэлектрик зазора предложил Максвелл? Какой другой механизм прохождения переменного тока через конденсатор можно предложить? ТОК СМЕЩЕНИЯ : сходство и различие с током проводимости. СИЛА ТОКА СМЕЩЕНИЯ: из  $i_{cm} = ?$  с учё-

том  $i_{cm} = i_{np} \Rightarrow i_{np} = dq/dt \Rightarrow (q = \sigma S, \sigma = \epsilon \epsilon_0 E) \Rightarrow i_{cm} = \epsilon \epsilon_0 E S dE/dt \Rightarrow (D = \epsilon \epsilon_0 E) \Rightarrow i_{cm} = ?$  ПЛОТНОСТЬ

**ТОКА СМЕЩЕНИЯ**

$j_{cm} = ?$  Как найти СИЛУ ТОКА СМЕЩЕНИЯ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЕГО ПО ПЛОЩАДКЕ? Как запишется ЗАКОН ПОЛНОГО ТОКА С УЧЁТОМ ТОКА СМЕЩЕНИЯ?

Каков вывод наблюдателя, изучающего поля неподвижного и движущегося заряда? Постоянного магнита? ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ; электрическое и магнитное поля как его частные случаи.

СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА В ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОРМЕ. СМЫСЛ КАЖДОГО УРАВНЕНИЯ И ВСЕХ ОБОЗНАЧЕНИЙ. МАТЕРИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ. Какую задачу позволяет решить система уравнений Максвелла?

Дивергенция (расходимость) вектора как поток через замкнутую поверхность единичного объёма:

$\operatorname{div} \vec{D} = (\lim_{V \rightarrow 0} \oint_S \vec{D}_n dS) / V = d\Phi_D/dV$ . Запись теоремы Гаусса для электрического и магнитного полей в дифференциальной форме:  $\Phi_D = \int_V \rho dV$ ;  $\Phi_D = \int_V \operatorname{div} \vec{D} dV$ ;  $\int_V \operatorname{div} \vec{D} dV = \int_V \rho dV \Rightarrow \operatorname{div} \vec{D} = ?$   $\operatorname{div} \vec{B} = ?$  Ротор (вихрь) вектора как циркуляция по контуру единичной площади:

$(\operatorname{rot} \vec{H})_n = (\lim_{S \rightarrow 0} \oint_L \vec{H}_l dl) / S = d\Gamma / dS \rightarrow (\operatorname{rot} \vec{H})_n = d\Gamma/dS$ . Правило буравчика для направления вектора ротора.

Запись законов полного тока и электромагнитной индукции в дифференциальной форме:

$\Gamma = \oint_L \vec{H}_l dl = \int_S \vec{j} d\vec{S} + \int_S \dot{\vec{D}} d\vec{S}$ ;  $d\Gamma = (\operatorname{rot} \vec{H})_n dS \Rightarrow \Gamma = \int_S (\operatorname{rot} \vec{H})_n dS = \int_S \operatorname{rot} \vec{H} d\vec{S}$ ;  
 $\int_S \operatorname{rot} \vec{H} d\vec{S} = \int_S \vec{j} d\vec{S} + \int_S \dot{\vec{D}} d\vec{S} \Rightarrow \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \dot{\vec{D}}$ . Из  $\oint_L \vec{E}_l dl = -\int_S \dot{\vec{B}} d\vec{S} \Rightarrow \operatorname{rot} \vec{E} = -\dot{\vec{B}}$ .

Уравнения Максвелла в дифференциальной форме с оператором "набла":

$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} \equiv \operatorname{div} \vec{D} = \rho$ ;  $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ ;  $[\vec{\nabla}, \vec{E}] \equiv \operatorname{rot} \vec{E} = -\dot{\vec{B}}/\partial t$ ;  $[\vec{\nabla}, \vec{H}] = \vec{j} + \dot{\vec{D}}/\partial t$ .

Получение волнового уравнения из уравнений Максвелла: а) для не заряженного диэлектрика

$\operatorname{rot} \vec{E} = -\mu\mu_0 \partial \vec{H} / \partial t$ ;  $\operatorname{rot} \vec{H} = \epsilon\epsilon_0 \partial \vec{E} / \partial t$ ;  $\operatorname{div} \vec{H} = 0$ ;

$\operatorname{div} \vec{E} = 0$ . б) Тогда  $\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{E}) = -\mu\mu_0 \operatorname{rot}(\partial \vec{H} / \partial t) \Rightarrow [\operatorname{rot}(\partial \vec{H} / \partial t)] = \partial(\operatorname{rot} \vec{H}) / \partial t \Rightarrow$

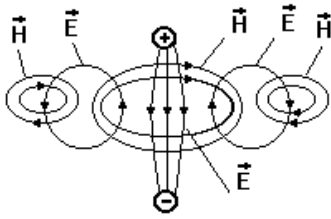
$\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{E}) = -\mu\mu_0 \epsilon\epsilon_0 \partial^2 \vec{E} / \partial t^2$ . в) Но  $\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{E}) = \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{E} - \Delta \vec{E} \Rightarrow (\operatorname{div} \vec{E} = 0)$

$\Rightarrow \operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec{E}) = -\Delta \vec{E}$ , где  $\Delta = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2 + \partial^2 / \partial z^2$  - оператор Лапласа ("лапласиан"). г) Отсюда с учётом пункта "б" следует волновое уравнение для вектора E:

$\vec{\Delta E} = \mu_0 \epsilon_0 \partial^2 \vec{E} / \partial t^2$ . Аналогично для вектора  $\vec{H}$ :  $\vec{\Delta H} = \mu_0 \epsilon_0 \partial^2 \vec{H} / \partial t^2$ . Каков смысл волнового уравнения?  
 ВОЛНА. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВОЛНА. Её фазовая СКОРОСТЬ  
 ?

$v = 1/(\mu_0 \epsilon_0)^{1/2} = c/(\mu \epsilon)^{1/2} = c/(\epsilon)^{1/2}$ . Решение волнового уравнения  $E_y = E_{y0} \cos(\omega t - kx)$ ,  $H_z = H_{z0} \cos(\omega t - kx)$ , где  $k = 2\pi/\lambda$  - волновое число.

### 31. ЭНЕРГИЯ И СКОРОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ, ВЕКТОР ПОЙНТИНГА. ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН. ОПЫТЫ ГЕРЦА.



ВОЛНА. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВОЛНА. Качественное описание образования электромагнитной волны в пространстве. Продольна волна или поперечна? ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ; ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ; СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ВАКУУМЕ. Что можно сказать о фазах колебаний составляющих  $E$  и  $H$ ? На чём основывался вывод Максвелла об электромагнитной природе света? Как связаны характеристики волны с цветом и яркостью света?  
 ?

Объёмная плотность энергии в электромагнитной волне:  $w = w_e + w_m =$

$= \epsilon \epsilon_0 E^2 / 2 + \mu_0 H^2 / 2$ . Из  $w_e = w_m \Rightarrow w_e = (w_e w_m)^{1/2} = EH(\mu_0 \epsilon_0 / 4)^{1/2} = EH/2v$

$\Rightarrow w = EH/v$ . Плотность потока энергии волны:  $|\vec{S}| = W/S\Delta t$ . ЕЁ СМЫСЛ.

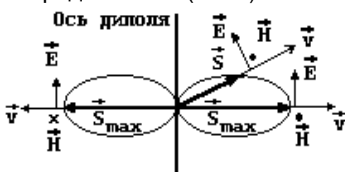
Вектор Пойнтинга, его направление и смысл:  $|\vec{S}| = wV/S\Delta t = wS\Delta tv / S\Delta t$

$= w \cdot v \Rightarrow \vec{S} = [E, H]$ . Интенсивность излучения  $I = W/\Delta t$ . ЕЁ СМЫСЛ. Связь интенсивности и амплитуды полей  $E$

и  $H$ :  $I \sim W \sim E^2, H^2$ .

Зависимость интенсивности излучения от его частоты: из зависимости интенсивности от ускорения

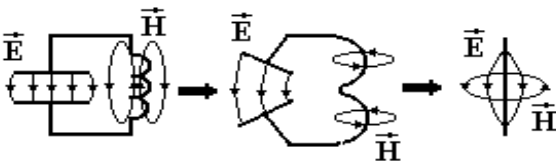
заряда  $I \sim a^2 \Rightarrow (a \sim v^2) \Rightarrow I \sim v^4$ . В чём это проявляется на практике и где учитывается?



ИЗЛУЧАЮЩИЙ ДИПОЛЬ. Особенности его излучения: ВИД В ПРОСТРАНСТВЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДИПОЛЯ, ЕЁ СМЫСЛ; НАПРАВЛЕНИЕ ВЕКТОРОВ  $E$  и  $H$  ДЛЯ РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИЗЛУЧЕНИЯ; обратная квадратичная зависимость интенсивности излучения от расстояния  $r$  до диполя (в волновой зоне, при  $r \gg \lambda$ ).

Свет как электромагнитная волна. Связь характеристик волны с визуальными (воспринимаемыми глазом) характеристиками света. Почему вектор  $E$  является основным для всех действий света на вещество (световым вектором)?

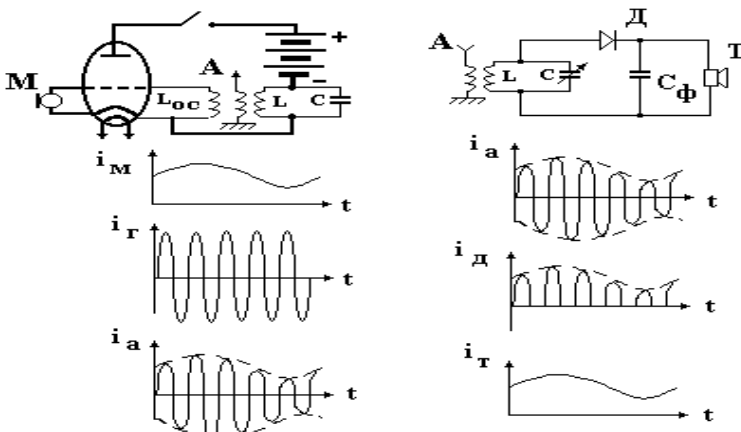
Связь  $E$  и  $H$  в электромагнитной волне: из  $w_e = w_m \Rightarrow E(\epsilon \epsilon_0)^{1/2} = H(\mu_0)^{1/2} \Rightarrow E/H = (\mu_0 / \epsilon \epsilon_0)^{1/2} \approx 380/(\epsilon)^{1/2}$ . ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН.



Закрытый и открытый колебательный контуры; вибратор Герца (полуволновой диполь). Можно ли ток в нём считать квазистационарным? Опыты Герца (1888 г.): способ возбуждения колебаний искровым разрядом; излучающий и приёмный диполи, использование резонанса; свойства электромагнитных волн - поглощение, экранирование, отражение, преломление, поляризация.

### 32. ПРИНЦИП РАДИОСВЯЗИ И РАДИОЛОКАЦИИ. ТЕЛЕВИДЕНИЕ.

Изобретение радиосвязи (Попов, 1896-1900 г.г.). ПРИНЦИП РАДИОСВЯЗИ: преобразование в микрофоне



звуковых колебаний в низкочастотные электрические и амплитудная модуляция ими высокочастотных колебаний лампового генератора; излучение передающей антенной; приём антенной приёмника и выделение сигнала нужной частоты с помощью контура; детектирование с помощью диода; выделение низкочастотной составляющей конденсатором фильтра; преобразование телефонных электрических колебаний в звуковые.

Как с помощью РАДИОЛОКАТОРА определяют направление на объект, его положение и мгновенную скорость перемещения?

ПРИНЦИП ТЕЛЕВИДЕНИЯ : устройство и работа передающей электронно-лучевой

трубки как преобразователя изображения в электрический сигнал; развёртка луча по её экрану; модуляция электромагнитных колебаний телепередатчика видеосигналом трубки; кинескоп как электронно-лучевая трубка для преобразования электрического сигнала в изображение; синхронизация движения электронных лучей передающей и приемной трубок специальными синхроимпульсами; смена кадров изображения. ВИДЕОЗАПИСЬ. Принцип работы лазерных компакт-дисков.

**РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ СВЯЗИ:** многоканальная связь по проводам; портативные радиостанции; единая система связи страны. Сеть "Интернет". Сотовая система радиосвязи; пейджеры; система КОСПАС-САРСАТ; спутниковые системы связи "Орбита", "Радуга", "Горизонт", "Москва", "Интелсат" и др.

**Самостоятельно:** развитие средств связи. Научно-популярная литература и сеть Интернет.

### **33. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ.**

**ПЛАЗМА.** Низкотемпературная плазма, её применение в плазмотронах и газоразрядных приборах; их преимущества. Принцип действия МГД-генератора; его достоинства, трудности создания. Пути получения высокотемпературной плазмы для целей термоядерного синтеза: принцип действия установок "Токамак", лазерных и пучковых установок. Другие применения плазмы.

Применение ускорителей заряженных частиц в науке, промышленности и медицине. Устройство и принцип действия циклотрона: ускорение переменным электрическим полем; независимость периода обращения частицы в магнитном поле от скорости как основа действия циклотрона. Рост массы частицы при больших скоростях как причина предела разгона. Учёт этого в современных ускорителях - синхротронах, фазотронах, синхрофазотронах. Устройство и принцип действия бетатрона. Синхротронное излучение и его применение.

Экспериментальные свойства сверхпроводников: критическая температура; зависимость её от вещества и силы тока; эффект Мейснера. Объяснение сверхпроводимости квантовой теорией (теория Бардина, Купера, Шриффера и Боголюбова): создание электронных пар за счёт обмена фононами; запрет на изменение энергии электронов при соударении с ионами; снятие запрета при температурах выше критической. Современное использование сверхпроводников в энергетике, термоядерных реакторах, ускорителях элементарных частиц. Трудности применения сверхпроводников. Открытие Беднорца и Мюллера: перспективы его применения.

Достоинства и недостатки полупроводниковых приборов. Использование полупроводников в науке, технике, быту, медицине: принцип действия и достоинства датчиков Холла; принцип действия и применение полупроводниковых лазеров в линиях связи, видеопроекторных устройствах, медицине; полупроводниковые датчики освещённости, температуры, магнитного поля, давления и пр., их применение; полупроводниковые холодильники и солнечные батареи. Технология больших и сверхбольших интегральных схем (БИС и СБИС), её применение в электронике, перспективы развития.

## **11. Билеты к экзамену по курсу «Электричество и магнетизм»**

### **Утверждаю ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

#### **БИЛЕТ № 1**

1. Электрический заряд. Его основные свойства. Модели распределения зарядов. Закон Кулона. Теория дальнего действия
2. Соединив последовательно предложенные преподавателем лампочку, конденсатор известной величины и катушку, подключить их к звуковому генератору, добиться резонанса и вычислить индуктивность катушки.

Примечание: для катушки "3600" и конденсатора ёмкостью порядка единиц мкФ резонансная частота меньше 200 Гц.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

### **Утверждаю ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

#### **БИЛЕТ № 2**

1. Теория близкодействия. Электрическое поле, его свойства. Напряжённость электрического поля, силовые линии. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя.
2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму затухающего колебания в колебательном контуре.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

### **Утверждаю ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

#### **БИЛЕТ № 3**

1. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда, системы зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряжённости и потенциала. Работа в электростатическом поле. Его потенциальность.
2. Имея источник типа В-24 и авометр, найти индуктивность катушки или ёмкость конденсатора.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 4**

1. Поток вектора напряжённости. Теорема Гаусса. Расчёт поля заряженной нити, плоскости и двух плоскостей.
2. Собрав экспериментальную установку, получить на экране осциллографа петлю гистерезиса. Объяснить работу установки.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 5**

1. Диполь в электрическом поле. Электрическое поле в диэлектрике. Смысл диэлектрической проницаемости.
2. С помощью правила Ленца объяснить скин-эффект.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 6**

1. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Расчёт некоторых полей в присутствии диэлектриков.
2. К проводящему кольцу приближается (или удаляется) полюс постоянного магнита. С помощью правила Ленца найти направление индукционного тока; определить и направление силы Ампера.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 7**

1. Свойства заряженного проводника в электростатике. Высоковольтный генератор. Проводник в электрическом поле. Электростатическая защита. Электрическое поле Земли.
2. Повторить основные опыты Фарадея. **Примечание:** взять в качестве источника магнитного поля постоянные магниты или катушку "220" с током от выпрямителя; для индикаторного контура взять катушку "3600".

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 8**

1. Электроёмкость. Конденсаторы; их соединение. Энергия заряженного тела и электрического поля.
2. Экспериментально показать баллистическим методом, что поле в центре соленоида близко к однородному. Объяснить суть метода.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 9**

1. Электрический ток. Сила и плотность тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для металлического проводника.
2. В предложенных преподавателем случаях найти силу Ампера (Лоренца).

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 10**

1. Сторонние силы и ЭДС. Закон Ома для участка цепи с ЭДС и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. КПД источника тока.

2. В предложенных преподавателем случаях показать путь расчёта магнитного поля системы токов.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 11**

1. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. КПД источника тока.

2. магнитом светящееся пятно на экране осциллографа, определить полярность полюсов постоянного магнита.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 12**

1. Опыты Стюарта и Толмена, Манделъштама и Папалекси. Природа тока в металлах. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца классической электронной теорией (КЭТ); её трудности.

2. Магнитным зондом найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории, отградуировав зонд по полю в центре кругового тока.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 13**

1. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость полупроводников.

2. Присоединив к батарее аккумуляторов реостат известного сопротивления, измерить ток в цепи и вычислить, пренебрегая сопротивлением амперметра, каковы внутреннее сопротивление и ЭДС каждого элемента батареи.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 14**

1. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумные приборы: диод, триод, электронно-лучевая трубка. Холодная эмиссия; другие виды эмиссий.

2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе предложенного преподавателем выпрямителя и определить, является ли выпрямитель однополупериодным.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 15**

1. Законы Вольта. Их объяснение классической электронной теорией. Термоэлектрические явления в контакте металлов; термопара, термобатарея, их применение.

2. Собрав схему одно- и двухполупериодного выпрямителей, получить осциллограммы подводимого и выпрямленного напряжений.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 16**

1. Контактные явления в полупроводниках. Запирающий слой. Полупроводниковые диод и триод.
2. Сняв зависимость сопротивления полупроводника от температуры, найти ширину его запрещённой зоны.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 17**

1. Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Электролиз, законы Фарадея; применение электролиза. Гальванические элементы. Аккумуляторы.
2. Найдя направление тока в цепи термопары, указать, в каком из металлов пары больше концентрация электронов. Какой из спаев нагреется за счёт эффекта Пельтье при указанной преподавателем полярности внешней ЭДС?

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 18**

1. Газовый разряд, условия его возникновения, вольтамперная характеристика. Четыре вида разрядов, их применение. Молния. Плазма.
2. Отградуировать термопару, определив её термоЭДС.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 19**

1. Магнитное поле, его описание. Закон Ампера. Круговой ток в магнитном поле. Магнитный момент витка с током.
2. По известным чувствительности и сопротивлению школьного гальванометра найти величину добавочного сопротивления, необходимого для измерения постоянного напряжения до 15 В. Результат сравнить (прибором типа ММВ) с добавочным сопротивлением при гальванометре.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 20**

1. Закон Био-Савара. Принцип суперпозиции. Поле кругового и прямого токов.
2. По известным чувствительности и сопротивлению школьного демонстрационного гальванометра рассчитать сопротивление шунта, который надо включить с гальванометром для измерения тока до 3 А. Результат сравнить (прибором типа ММВ) с сопротивлением аналогичного шунта в гальванометре.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 21**

1. Закон полного тока (теорема о циркуляции для магнитного поля). Вихревой характер этого поля. Поле тороида и соленоида Теорема Гаусса для магнитного поля.
2. Прибором типа ММВ (или другим омметром) измерить сопротивления двух катушек, а затем, соединяя их параллельно и последовательно, сравнить полученные в опытах данные с расчётными.

Экзаменатор

Михайлов С.П.



**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 22**

1. Магнитное поле в веществе. Диа- и парамагнетики.
2. В предложенной преподавателем схеме рассчитать токи с помощью правил Кирхгофа.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 23**

1. Магнитные свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма.
2. Для предложенной преподавателем системы зарядов (заряженного тела) найти напряжённость и потенциал электрического поля в заданной точке.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 24**

1. Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле. Эффект Холла. Работа в магнитном поле; магнитный поток.
2. Дано электрическое поле с потенциалом, указанным преподавателем (например,  $\varphi = 5x^2 + 3y + 5$ ). Заряд  $+1$  нКл помещен в точку  $A(1,2)$  этого поля. Найти энергию заряда и действующую на него в точке  $A$  силу, а также работу перемещения в точку  $B(3,4)$ .

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 25**

1. Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Два механизма появления индукционного тока. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.
2. В установке для измерения электрических полей с помощью вилки найти направление силовых линий поля двух пластин и показать, что это поле близко к однородному; найдя его напряжённость с помощью вилки, сравнить результаты с расчётом (измерив расстояние и напряжение между пластинами).

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 26**

1. Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. Явления при замыкании и размыкании цепи с индуктивностью. Явление взаимной индукции; трансформатор. Энергия магнитного поля. Магнитное поле Земли.
2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе ГЗШ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 27**

1. Получение переменной ЭДС. Квазистационарный переменный ток: сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи такого тока. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для переменного тока.
2. Подав от генератора ГЗШ сигналы разной частоты (50, 200, 500 Гц) и амплитуды (выходы 5, 600 и 5000 Ом), получить на экране осциллографа устойчивое изображение одного периода синусоиды примерно одной амплитуды.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 28**

1. Резонанс токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение переменного тока.
2. Используя в качестве источников переменного тока звуковой генератор и В-24 (или РНШ), получить на экране осциллографа фигуры Лиссажу для нескольких отношений частот.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 29**

1. Собственные колебания электрического колебательного контура. Затухающие колебания. Добротность. Вынужденные колебания и резонансные явления в контуре. Получение незатухающих колебаний с помощью электронных приборов.
2. Измерив напряжение на реостате, подсоединённом к выпрямителю типа В-24, вычислить ток через него и рассчитать погрешность измерения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 30**

1. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, его решение. Электромагнитные волны.
2. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного амперметра, назначение всех его клемм и шунтов, измерить ток через реостат, подсоединённый к выпрямителю типа В-24.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 31**

1. Энергия и скорость электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн. Опыт Герца.
2. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного вольтметра, назначение всех клемм и добавочных сопротивлений, измерить им напряжение в сети и на клеммах выпрямителя типа ВУП.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 32**

1. Принцип радиосвязи и радиолокации. Телевидение.
2. В собранной электрической цепи объяснить назначение всех элементов, начертить схему этой цепи и с помощью омметра найти место обрыва цепи (добиться, чтобы лампочка загорелась).

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 33**

1. Некоторые проблемы и достижения современной физики.
2. Объяснив назначение всех клемм и ручек выпрямителя (типов В-24, ВУП, ВС 4-12 и пр.), авометром измерить все напряжения, правильно выбирая пределы измерений, шкалы, вид тока и пр.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Составитель – проф. Михайлов С.П.**

**И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики \_\_\_\_\_ Р.А. Богданова**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Горно-Алтайский государственный университет»  
Физико-математический и инженерно-технологический институт (ФМИТИ)  
Кафедра математики, физики и информатики

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по учебной дисциплине  
**«Электричество и магнетизм»**

Уровень основной образовательной программы **бакалавриат**  
Для направления подготовки 03.03.02 «Физика»  
Профиль подготовки «Альтернативная энергетика»

Составитель – к.ф.-м.н., проф. Михайлов С.П.



Утвержден на заседании кафедры 09.03.2023 г., протокол № 8.  
И.о. зав. кафедрой Богданова Р.А.



Горно-Алтайск 2023

## Пояснительная записка

1. Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины.

2. **Фонд оценочных средств включает** контрольные материалы для проведения текущего контроля в формах, указанных в рабочей программе, и промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к экзамену.

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ по дисциплине «Электричество и магнетизм»

Утверждаю

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

### БИЛЕТ № 1

1. Электрический заряд. Его основные свойства. Модели распределения зарядов. Закон Кулона. Теория дальнего действия
2. Соединив последовательно предложенные преподавателем лампочку, конденсатор известной величины и катушку, подключить их к звуковому генератору, добиться резонанса и вычислить индуктивность катушки.

Примечание: для катушки "3600" и конденсатора ёмкостью порядка единиц мкФ резонансная частота меньше 200 Гц.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

### БИЛЕТ № 2

1. Теория близкодействия. Электрическое поле, его свойства. Напряжённость электрического поля, силовые линии. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя.

2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму затухающего колебания в колебательном контуре.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

### БИЛЕТ № 3

1. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда, системы зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряжённости и потенциала. Работа в электростатическом поле. Его потенциальность.

2. Имея источник типа В-24 и авометр, найти индуктивность катушки или ёмкость конденсатора.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

### БИЛЕТ № 4

1. Поток вектора напряжённости. Теорема Гаусса. Расчёт поля заряженной нити, плоскости и двух плоскостей.
2. Собрав экспериментальную установку, получить на экране осциллографа петлю гистерезиса. Объяснить работу установки.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 5**

1. Диполь в электрическом поле. Электрическое поле в диэлектрике. Смысл диэлектрической проницаемости.
2. С помощью правила Ленца объяснить скин-эффект.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 6**

1. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Расчёт некоторых полей в присутствии диэлектриков.
2. К проводящему кольцу приближается (или удаляется) полюс постоянного магнита. С помощью правила Ленца найти направление индукционного тока; определить и направление силы Ампера.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 7**

1. Свойства заряженного проводника в электростатике. Высоковольтный генератор. Проводник в электрическом поле. Электростатическая защита. Электрическое поле Земли.
2. Повторить основные опыты Фарадея. **Примечание:** взять в качестве источника магнитного поля постоянные магниты или катушку "220" с током от выпрямителя; для индикаторного контура взять катушку "3600".

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 8**

1. Электроёмкость. Конденсаторы; их соединение. Энергия заряженного тела и электрического поля.
2. Экспериментально показать баллистическим методом, что поле в центре соленоида близко к однородному. Объяснить суть метода.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 9**

1. Электрический ток. Сила и плотность тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для металлического проводника.
2. В предложенных преподавателем случаях найти силу Ампера (Лоренца).

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 10**

1. Сторонние силы и ЭДС. Закон Ома для участка цепи с ЭДС и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. КПД источника тока.
2. В предложенных преподавателем случаях показать путь расчёта магнитного поля системы токов.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 11**

1. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. КПД источника тока.
2. магнитом светящееся пятно на экране осциллографа, определить полярность полюсов постоянного магнита.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 12**

1. Опыты Стюарта и Толмена, Манделъштама и Папалекси. Природа тока в металлах. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца классической электронной теорией (КЭТ); её трудности.
2. Магнитным зондом найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории, отградуировав зонд по полю в центре кругового тока.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 13**

1. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость полупроводников.
2. Присоединив к батарее аккумуляторов реостат известного сопротивления, измерить ток в цепи и вычислить, пренебрегая сопротивлением амперметра, каковы внутреннее сопротивление и ЭДС каждого элемента батареи.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 14**

1. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумные приборы: диод, триод, электронно-лучевая трубка. Холодная эмиссия; другие виды эмиссий.
2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе предложенного преподавателем выпрямителя и определить, является ли выпрямитель однополупериодным.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 15**

1. Законы Вольта. Их объяснение классической электронной теорией. Термоэлектрические явления в контакте металлов; термопара, термобатарея, их применение.
2. Собрав схему одно- и двухполупериодного выпрямителей, получить осциллограммы подводимого и выпрямленного напряжений.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 16**

1. Контактные явления в полупроводниках. Запирающий слой. Полупроводниковые диод и триод.
2. Сняв зависимость сопротивления полупроводника от температуры, найти ширину его запрещённой зоны.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 17**

1. Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Электролиз, законы Фарадея; применение электролиза. Гальванические элементы. Аккумуляторы.
2. Найдя направление тока в цепи термопары, указать, в каком из металлов пары больше концентрация электронов. Какой из спаев нагреется за счёт эффекта Пельтье при указанной преподавателем полярности внешней ЭДС?

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 18**

1. Газовый разряд, условия его возникновения, вольтамперная характеристика. Четыре вида разрядов, их применение. Молния. Плазма.
2. Отградуировать термопару, определив её термоЭДС.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 19**

1. Магнитное поле, его описание. Закон Ампера. Круговой ток в магнитном поле. Магнитный момент витка с током.
2. По известным чувствительности и сопротивлению школьного гальванометра найти величину добавочного сопротивления, необходимого для измерения постоянного напряжения до 15 В. Результат сравнить (прибором типа ММВ) с добавочным сопротивлением при гальванометре.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 20**

1. Закон Био-Савара. Принцип суперпозиции. Поле кругового и прямого токов.
2. По известным чувствительности и сопротивлению школьного демонстрационного гальванометра рассчитать сопротивление шунта, который надо включить с гальванометром для измерения тока до 3 А. Результат сравнить (прибором типа ММВ) с сопротивлением аналогичного шунта в гальванометре.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 21**

1. Закон полного тока (теорема о циркуляции для магнитного поля). Вихревой характер этого поля. Поле тороида и соленоида Теорема Гаусса для магнитного поля.

2. Прибором типа ММВ (или другим омметром) измерить сопротивления двух катушек, а затем, соединяя их параллельно и последовательно, сравнить полученные в опытах данные с расчётными.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 22**

1. Магнитное поле в веществе. Диа- и парамагнетики.

2. В предложенной преподавателем схеме рассчитать токи с помощью правил Кирхгофа.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 23**

1. Магнитные свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма.

2. Для предложенной преподавателем системы зарядов (заряженного тела) найти напряжённость и потенциал электрического поля в заданной точке.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 24**

1. Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле. Эффект Холла. Работа в магнитном поле; магнитный поток.

2. Дано электрическое поле с потенциалом, указанным преподавателем (например,  $\varphi = 5x^2 + 3y + 5$ ). Заряд  $+1$  нКл помещен в точку А(1,2) этого поля. Найти энергию заряда и действующую на него в точке А силу, а также работу перемещения в точку В(3,4).

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 25**

1. Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Два механизма появления индукционного тока. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.

2. В установке для измерения электрических полей с помощью вилки найти направление силовых линий поля двух пластин и показать, что это поле близко к однородному; найдя его напряжённость с помощью вилки, сравнить результаты с расчётом (измерив расстояние и напряжение между пластинами).

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю**

**ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 26**

1. Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. Явления при замыкании и размыкании цепи с индуктивностью. Явление взаимной индукции; трансформатор. Энергия магнитного поля. Магнитное поле Земли.

2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе ГЗШ.

Экзаменатор

Михайлов С.П.



**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 27**

1. Получение переменной ЭДС. Квазистационарный переменный ток: сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи такого тока. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для переменного тока.
2. Подав от генератора ГЗШ сигналы разной частоты (50, 200, 500 Гц) и амплитуды (выходы 5, 600 и 5000 Ом), получить на экране осциллографа устойчивое изображение одного периода синусоиды примерно одной амплитуды.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 28**

1. Резонанс токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение переменного тока.
2. Используя в качестве источников переменного тока звуковой генератор и В-24 (или РНШ), получить на экране осциллографа фигуры Лиссажу для нескольких отношений частот.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 29**

1. Собственные колебания электрического колебательного контура. Затухающие колебания. Добротность. Вынужденные колебания и резонансные явления в контуре. Получение незатухающих колебаний с помощью электронных приборов.
2. Измерив напряжение на реостате, подсоединённом к выпрямителю типа В-24, вычислить ток через него и рассчитать погрешность измерения.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 30**

1. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, его решение. Электромагнитные волны.
2. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного амперметра, назначение всех его клемм и шунтов, измерить ток через реостат, подсоединённый к выпрямителю типа В-24.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 31**

1. Энергия и скорость электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца.
2. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного вольтметра, назначение всех клемм и добавочных сопротивлений, измерить им напряжение в сети и на клеммах выпрямителя типа ВУП.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Утверждаю****ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм**

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики  
Богданова Р.А.  
09.03.2023

**БИЛЕТ № 32**

1. Принцип радиосвязи и радиолокации. Телевидение.
2. В собранной электрической цепи объяснить назначение всех элементов, начертить схему этой цепи и с помощью омметра найти место обрыва цепи (добиться, чтобы лампочка загорелась).

Экзаменатор

Михайлов С.П.

Утверждаю

ФИЗИКИ. Электричество и магнетизм

И.о. зав. кафедрой математики, физики и информатики

Богданова Р.А.

09.03.2023

**БИЛЕТ № 33**

1. Некоторые проблемы и достижения современной физики.
2. Объяснив назначение всех клемм и ручек выпрямителя (типов В-24, ВУП, ВС 4-12 и пр.), авометром измерить все напряжения, правильно выбирая пределы измерений, шкалы, вид тока и пр.

Экзаменатор

Михайлов С.П.

**Критерии оценки:**

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

**СПИСКИ ПОНЯТИЙ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ  
по дисциплине «Электричество и магнетизм»**

Часть 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА.

ЗАНЯТИЕ 1. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции.

Электромагнитное взаимодействие. Электрический заряд. Его свойства: два вида зарядов, их взаимодействие; элементарный заряд "е", его носители; дискретность; релятивистская инвариантность; закон сохранения заряда.

Модели заряженных тел: точечный заряд; заряженные нить, поверхность, объём. Линейная, поверхностная и объёмная плотности заряда. Вычисление заряда тела с их помощью.

Закон Кулона в вакууме, его физическое содержание; название и смысл всех обозначений в формуле. (ВНИМАНИЕ! ЭТО НАДО БУДЕТ СДЕЛАТЬ ВО ВСЕХ ФОРМУЛАХ ВСЕХ СПИСКОВ, ХОТЯ УПОМИНАТЬСЯ БОЛЬШЕ НЕ БУДЕТ!). Направление силы; границы применимости закона.

Десятичные приставки: Гига (Г), Мега (М), кило (к), санти (с), милли (м), микро (мк), нано (н), пико (п).

Электрическое поле. Вектор напряжённости  $E$ , его смысл, направление. Сила, действующая на точечный заряд  $q$  в точке поля напряжённостью  $E$ . Напряжённость поля точечного заряда. Однородное поле. Принцип суперпозиции для поля точечных и распределённых зарядов.

Электрический диполь; дипольный момент  $p$ .

Силовая линия. Вид силовых линий поля точечного заряда, диполя, однородного поля.

=====

По ходу раскрытия списка указать единицы всех вводимых электрических величин в системе СИ (ВНИМАНИЕ! ЭТО НАДО БУДЕТ СДЕЛАТЬ ДЛЯ ВСЕХ ПОНЯТИЙ ВСЕХ СПИСКОВ, ХОТЯ УПОМИНАТЬСЯ БОЛЬШЕ НЕ БУДЕТ!).

ЗАНЯТИЕ 2. Потенциал. Работа электрического поля. Связь напряжённости и потенциала.

Потенциал электростатического поля; его смысл. Потенциал поля нескольких зарядов. Потенциальная энергия точечного заряда в точке поля с известным потенциалом. Работа перемещения заряда в поле. Разность потенциалов, её отличие от изменения потенциала, смысл. Прямая и обратная связь  $E$  и  $\varphi$ .

Потенциал поля точечного заряда. Эквипотенциальные поверхности; их вид для поля точечного заряда, диполя, однородного поля.

ЗАНЯТИЕ 3. Теорема Гаусса. Поле в диэлектриках.

Поток вектора напряжённости; его смысл. Теорема Гаусса. Напряжённость и потенциал полей бесконечных равномерно заряженных нити, плоскости, двух разноименно заряженных параллельных плоскостей; вид силовых линий и эквипотенциальных поверхностей этих полей.

Свободные (сторонние) и связанные заряды. Диэлектрик. Вектор поляризованности, его смысл. Поверхностная плотность связанных зарядов. Диэлектрическая восприимчивость. Относительная диэлектрическая проницаемость, связь её с восприимчивостью, смысл. Закон Кулона в безграничном однородном жидком (газообразном) диэлектрике. Напряжённость и потенциал поля точечного заряда в этом случае.

Вектор электрического смещения (электростатической индукции); связь его с напряжённостью и поляризованностью. Теорема Гаусса для вектора смещения

#### ЗАНЯТИЕ 4. Поле в проводниках. Ёмкость проводника. Конденсаторы.

Энергия заряженного тела и электрического поля.

Свободный заряд. Проводник. Свойства заряженного проводника: распределение поля, заряда, потенциала, вид силовых линий поля. Те же свойства для незаряженного проводника, внесённого в электрическое поле.

Ёмкость проводника; её смысл. Ёмкость шара. Конденсатор. Его ёмкость. Ёмкость плоского конденсатора. Ёмкость при соединении конденсаторов; распределение зарядов и напряжений.

Энергия заряженного тела и конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.

#### Часть 2. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

##### ЗАНЯТИЕ 5. Сила и плотность постоянного тока. Сторонние силы и ЭДС. Законы Ома.

Электрический ток. Сила тока; её смысл. Ток проводимости; конвекционный ток. Плотность тока; её смысл и связь со скоростью движения зарядов тока проводимости. Связь силы и плотности тока.

Постоянный ток. Его сила. Связь силы тока и числа элементарных зарядов, протекающих через поперечное сечение проводника.

Смысл электрического сопротивления. Сопротивление проводника постоянного сечения. Закон Ома для проводника в интегральной и дифференциальной формах. Смысл удельного сопротивления. Резистор. Сопротивление при параллельном и последовательном соединении резисторов; распределение токов и напряжений при этом. Шунт и добавочное сопротивление; их величина.

Источник тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила (ЭДС); её смысл. Электрическая цепь. Закон Ома для участка цепи с ЭДС; правило знаков. Напряжение и разность потенциалов. Закон Ома для замкнутой цепи.

##### ЗАНЯТИЕ 6. Разветвлённые цепи. Правила Кирхгофа.

Узел, ветвь, контур. Разветвлённые цепи. Первое и второе правила Кирхгофа; правила знаков к ним.

Выбор направления токов в ветвях; общее число уравнений; число независимых уравнений по 1-му правилу; признак независимости уравнений по 2-му правилу; действительное направление токов в ветвях.

##### ЗАНЯТИЕ 7. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. Источники тока.

Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока на участке цепи и в замкнутой цепи. Полезная мощность и КПД источника тока. Условие получения максимума полезной мощности в замкнутой цепи постоянного тока.

Определение общих ЭДС и внутреннего сопротивления при параллельном и последовательном соединении n одинаковых элементов.

Зависимость сопротивления металлов от температуры.

##### ЗАНЯТИЕ 8. Электрический ток в различных средах.

Носители тока в металлах. Дрейф. Скорость распространения поля. Концентрация атомов металла с известными массой килограмм-атома и плотностью.

Смысл работы выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Устройство вакуумного диода.

Электролиты. Носители тока в них. Заряд иона с известной валентностью. Электролиз. Два закона Фарадея для электролиза. Смысл электрохимического эквивалента и постоянной Фарадея; химический эквивалент.

Газовый разряд; два условия его возникновения. Носители тока в газе. Самостоятельный и несамостоятельный разряд. График вольтамперной характеристики газового разряда; ток насыщения. Подвижность носителей тока; её смысл. Плотность тока несамостоятельного разряда; плотность тока насыщения несамостоятельного разряда.

Полупроводник. Собственный и примесный полупроводники; носители тока в них. Зависимость сопротивления полупроводников от температуры.

Контрольная работа по электростатике и постоянному току.

Проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по занятиям 1-8.

#### Часть 3. МАГНЕТИЗМ.

##### ЗАНЯТИЕ 9. Закон Био-Савара. Поля токов различной конфигурации.

Магнитное поле. Направление вектора магнитной индукции. Вектор элемента тока; его направление. Закон Био-Савара; направление (правило буравчика) и модуль индукции. Напряжённость  $H$  магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара для поля  $H$ . Принцип суперпозиции.

Величина и направление полей  $B$  и  $H$  в центре кругового тока; то же для точек на оси кругового тока. Вектор магнитного момента рамки с током; его направление. Величина и направление полей  $B$  и  $H$  прямого тока конечной длины и бесконечного прямого тока. Силовая линия (линия индукции). Вид силовых линий магнитного поля кругового и длинного прямого токов.

#### ЗАНЯТИЕ 10. Закон полного тока. Магнитное поле Земли.

Циркуляция вектора напряжённости магнитного поля  $\Gamma=?$ . Закон полного тока; правило знаков. Вид силовых линий магнитного поля тороида.

Поля  $B$  и  $H$  тонкого тороида и длинного соленоида; то же на краю длинного соленоида. Вид силовых линий магнитного поля тороида и соленоида.

Вид силовых линий магнитного поля Земли и полосового постоянного магнита. Величина магнитного поля Земли в Горно-Алтайске.

#### ЗАНЯТИЕ 11. Сила Ампера. Сила Лоренца.

Сила Ампера; её направление (правила буравчика и левой руки) и модуль. Сила, действующая на прямой ток в однородном магнитном поле. Модуль и направление сил взаимодействия 2-х параллельных прямых токов.

Магнитный момент рамки из  $N$  одинаковых витков. Вращающий момент, действующий на рамку с током в однородном магнитном поле; его направление (правило буравчика). Взаимодействие постоянных магнитов.

Сила Лоренца; её модуль, направление. Радиус окружности, описываемой заряженной частицей, влетающей в однородное магнитное поле под прямым и произвольным углом к силовым линиям.

#### ЗАНЯТИЕ 12. Магнитное поле в веществе. Магнитный поток.

Магнетик. Гипотеза Ампера о природе магнетизма. Причина появления собственного поля в магнетике, внесённом во внешнее поле; полное поле такого магнетика. Магнитная проницаемость вещества; её смысл.

Вектор намагничённости  $J$ . Смысл введения вектора  $H$  при описании поля в магнетике. Магнитная восприимчивость; её связь с магнитной проницаемостью. Связь индукции, напряжённости и намагничённости.

Диа-, пара-, ферромагнетик; их восприимчивость, проницаемость, вид зависимости  $J(H)$ . Основная кривая индукции и петля гистерезиса ферромагнетика.

Магнитный поток; его смысл. Потокосцепление.

#### Часть 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

#### ЗАНЯТИЕ 13. Явление электромагнитной индукции (ЭМИ).

Явление ЭМИ. Закон Фарадея. Индукционный ток; его сила. Правило Ленца. Заряд, протекающий в контуре, помещённом в меняющееся магнитное поле. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле.

#### ЗАНЯТИЕ 14. Явления самоиндукции и взаимной индукции. Энергия контура с током и магнитного поля.

Явление самоиндукции. Индуктивность (коэффициент самоиндукции) контура; её смысл. ЭДС самоиндукции. Индуктивность соленоида.

Явление взаимной индукции. Устройство трансформатора. Коэффициент трансформации; отношение токов и напряжений.

Работа перемещения контура с током в магнитном поле. Энергия контура с током. Объёмная плотность энергии магнитного поля.

#### ЗАНЯТИЕ 15. Закон Ома для переменного тока. Мощность в цепи переменного тока.

Переменный ток. Синусоидальный переменный ток: его уравнение, мгновенное значение, амплитуда, фаза, начальная фаза, круговая (циклическая) частота и её связь с частотой и периодом, график. Амплитуда, частота, круговая частота и период сетевого напряжения.

Активное (омическое), индуктивное и ёмкостное сопротивления в цепи переменного тока. Закон Ома и векторная диаграмма для резистора, конденсатора и катушки индуктивности в цепи переменного тока. Закон Ома и векторная диаграмма для последовательно соединённых активного сопротивления, ёмкости и индуктивности. Угол сдвига фаз тока и напряжения. Реактивное и полное сопротивление (импеданс) такой цепи.

Действующие (эффективные) значения переменного синусоидального тока и напряжения; их смысл. Мощность в цепи переменного тока. Коэффициент мощности; его смысл и способ увеличения. Условие наибольшей полезной мощности в цепи переменного тока.

ЗАНЯТИЕ 16. Резервное. Его содержание определит ведущий преподаватель в зависимости от ситуации в семестре (наличия задолжников, попадания занятий на праздники и т.д.).

Контрольная работа по магнетизму и электромагнитным явлениям.

Проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по занятиям 9-15.

### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью и правильно раскрыл список понятий, правильно указав единицы всех физических величин и смысл всех обозначений в формулах;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент полностью и правильно раскрыл список понятий, но не везде правильно указал единицы всех физических величин и смысл всех обозначений в формулах;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент не полностью или не везде правильно раскрыл список понятий, не везде указав единицы всех физических величин и смысл всех обозначений в формулах;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если список отсутствует без уважительной причины.

## ДОМАШНИЕ ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ по дисциплине «Электричество и магнетизм»

### Часть 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА.

#### ЗАНЯТИЕ 1. Закон Кулона. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции.

##### Домашнее задание № 1

1. Считая протон и электрон в атоме водорода неподвижными точечными зарядами, удалёнными на  $5 \cdot 10^{-11}$  м, найти напряжённость электрического поля в точках В и С (см. рис.3.1).

2. Одинаковые шарики массой по 0.2 г имеют равные заряды по 10 нКл и подвешены на нити, как показано на

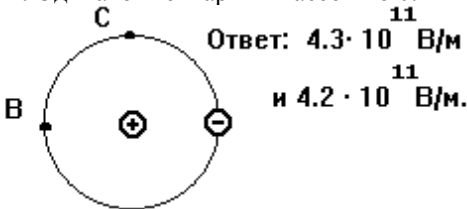


Рис.3.1.

Ответ:  $4.3 \cdot 10^{11}$  В/м  
и  $4.2 \cdot 10^{11}$  В/м.

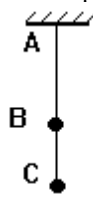


Рис.3.2.

рис.3.2, на расстоянии  $BC = 3$  см. Найти силу натяжения нити на участках АВ и ВС. Рассмотреть случаи зарядов одного и разных знаков (4 и 3 мН, 4 и 1 мН).

3. Сколько избыточных электронов содержит пылинка массой  $10^{-11}$  г, если в поле горизонтального плоского конденсатора с расстоянием между пластинами 5 мм при напряжении 76.5 В она находится в равновесии? (40)

4. Одинаковые металлические шарики с зарядами  $+q$  и  $+4q$  находились на расстоянии г. Затем шарики соприкоснулись. На какое расстояние надо их развести, чтобы сила взаимодействия не изменилась? (1.25г)

5. В однородное поле напряжённостью 40 кВ/м внесли точечный заряд 27 нКл. Найти напряжённость результирующего поля в 9 см от заряда на линиях, проходящих через заряд: а) на силовой линии однородного поля; б) на прямой, перпендикулярной силовым линиям. (70 и 10, 50 и 50 кВ/м).

6. Два заряда по 25 нКл удалены на 24 см. С какой силой действуют они на третий заряд 2 нКл, удалённый на 15 см от каждого из двух первых зарядов, если они одноимённые? разноимённые? (24 и 32 мкН).

Добавочные задачи (обязательны только для задолжников по домашним заданиям!): Сахаров Д.И. "Сборник задач по физике", 20-3, 20-6. Далее задачник Д.И. Сахарова будет обозначаться буквой С.

#### ЗАНЯТИЕ 2. Потенциал. Работа электрического поля. Связь напряжённости и потенциала.

##### Домашнее задание № 2

1. В вершинах правильного 6-угольника стороной 5 см находятся равные точечные заряды 6.6 нКл. Найти работу электрических сил по перемещению заряда 3.3 нКл из центра 6-угольника в середину одной из сторон. (2.5 мкДж).

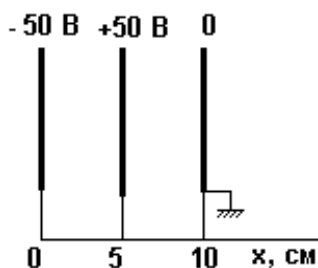


Рис.3.3

2. Шарик массой 1 г и зарядом 10 нКл перемещается из точки А с потенциалом 600 В в точку В с нулевым потенциалом. Какой была его скорость в точке А, если в точке В она стала 20 см/с? (16.7 см/с).

3. В однородном поле напряжённостью 1 кВ/м перемещён заряд -25 нКл на 2 см по силовой линии. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии

заряда, разность потенциалов начальной и конечной точек поля. (-0.5 и 0.5 мкДж, 20 В)

4. Какой станет кинетическая энергия покоившегося заряда 1 нКл при разгоне его полем из точки, находившейся на расстоянии 3 см от точечного заряда 1 мкКл, в точку, удалённую на 10 см? (210 мкДж)

5. Покоившийся электрон получил в однородном поле ускорение  $10^{12}$  м/с<sup>2</sup>. Найти: напряжённость поля; скорость частицы через 1 мкс; работу поля и разность потенциалов, пройденную электроном за это время. (5.7 В/м, 1 Мм/с,  $4.5 \cdot 10^{-19}$  Дж, 2.8 В)

6. На рис.3.3 дано положение заряженных пластин и их потенциалы. Начертить силовые линии электрического поля, построить графики зависимости напряжённости и потенциала между пластинами в зависимости от расстояния X.

Добавочные задачи: С.21-13, 21-17.

### ЗАНЯТИЕ 3. Теорема Гаусса. Поле в диэлектриках.

#### Домашнее задание № 3.

1. На плоскости, наклонённой к горизонту под углом  $60^\circ$ , лежит монета диаметром 2 см. Каков поток вектора напряжённости электрического поля Земли ( $E \approx 130$  В/м) через её поверхность? (0.02 В/м)

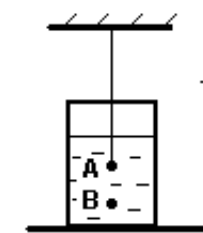


Рис.3.4

2. С помощью теоремы Гаусса рассчитать поле длинного цилиндра радиуса R, заряженного по поверхности с постоянной плотностью  $\sigma$ . Ответ:  $E = 0$  для  $g < R$  и  $E = \sigma R / (\epsilon_0 g)$  для  $g > R$ .

3. Две пластины площадью  $S = 2$  дм<sup>2</sup> находятся в керосине ( $\epsilon = 2$ ) на расстоянии  $d = 4$  мм. С какой силой они взаимодействуют при разности потенциалов  $U = 150$  В? Ответ:  $F = \epsilon \epsilon_0 U^2 S / (2d^2) = 0.25$  мН.

4. Найти плотность связанных зарядов на поверхностях слюдяной пластинки ( $\epsilon = 7$ ) толщиной 0.2 мм, служащей изолятором плоского конденсатора под напряжением 400 В. (100 мкКл/м<sup>2</sup>)

5. На каком удалении от погружённого в керосин ( $\epsilon = 2$ , плотность  $800$  кг/м<sup>3</sup>) шарика А (рис.3.4) с зарядом 7 нКл находится стальная пылинка В объёмом  $9$  мм<sup>3</sup> (плотность стали  $7800$  кг/м<sup>3</sup>) с зарядом -2.1 нКл, если она находится в равновесии? (1 см)

6. Найти заряд положительного шарика массой 0.18 г из вещества плотностью  $1800$  кг/м<sup>3</sup>, уравновешенного в жидком диэлектрике плотностью  $900$  кг/м<sup>3</sup>, где создано направленное вверх однородное поле напряжённостью 45 кВ/м. (20 нКл)

Добавочные задачи: С.20-25, 23-4.

### ЗАНЯТИЕ 4. Поле в проводниках. Ёмкость проводника. Конденсаторы.

#### Энергия заряженного тела и электрического поля.

#### Домашнее задание № 4

1. Определить ёмкость плоского конденсатора площадью обкладок  $S = 200$  см<sup>2</sup>, если между обкладками находится стекло ( $\epsilon_1 = 7$ ) толщиной  $d_1 = 1$  мм, покрытое с обеих сторон слоем парафина ( $\epsilon_2 = 2$ ) толщиной  $d_2$  по 0.2 мм. Ответ:  $C = \epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S / (\epsilon_2 d_1 + 2\epsilon_1 d_2) = 516$  пФ.

2. Пластины плоского воздушного конденсатора площадью  $300$  см<sup>2</sup> раздвинуты на 3 мм. Между ними помещена металлическая пластина той же площади толщиной 1 мм, конденсатор заряжен до 600 В и отсоединён от источника питания. Найти работу удаления пластины из конденсатора (12 мкДж).

3. Шар радиусом 5 см, заряженный до потенциала 100 кВ, соединили проводником с незаряженным шаром радиусом 6 см. Найти заряд и потенциал каждого шара после соединения (250 и 300 нКл, 45 кВ).

4. На погружённом в керосин проводящем шаре диаметром 6 см находится заряд 20 нКл. Найти объёмную плотность энергии электрического поля на удалении 2 и 4 см от центра шара (0 и 1,1 мДж/м<sup>3</sup>).

5. Пластины плоского конденсатора площадью  $200$  см<sup>2</sup> разделены слоем слюды ( $\epsilon = 6$ ) толщиной 2 мм. Какой наибольший заряд можно сообщить конденсатору, если допустимо напряжение 3 кВ? (1.6 мкКл)

6. Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Во сколько раз изменились энергия и объёмная плотность энергии поля, если конденсатор: а) отключили от источника, б) не отключали. (Упала вдвое, не изменилась; выросли в 2 и 4 раза)

Добавочные задачи: С.24-16, 24-30.

### Часть 2. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

#### ЗАНЯТИЕ 5. Сила и плотность постоянного тока. Сторонние силы и ЭДС. Законы Ома.

#### Домашнее задание № 5.

1. При зарядке аккумулятора током 3 А соединённый с ним вольтметр показывает 4.25 В, а при разрядке током 4 А - 3.9 В. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора (4.1 В, 50 мОм).

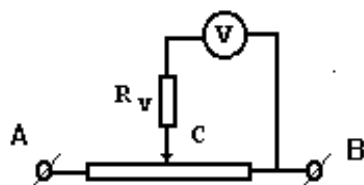


Рис.3.5.

2. Гальванический элемент даёт на внешнее сопротивление 4 Ом ток 0.2 А, а на сопротивление 7 Ом - 0.14 А. Найти ток его короткого замыкания, когда внешнее сопротивление близко к нулю (0.47 А).

3. От источника напряжением 45 В надо питать спираль сопротивлением 20 Ом, рассчитанную на напряжение 20 В. Есть три реостата а) 6 Ом, 2 А; б) 30

Ом, 4 А; в) 800 Ом, 0.6 А. Какой из них нужно использовать? (Доказать, что второй)

4. Элемент с ЭДС 1.1 В внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на сопротивление 9 Ом. Найти ток в цепи и падение потенциала вне и внутри элемента. (0.11 А, 0.99 и 0.11 В)

5. К зажиму В и скользящему контакту С реостата сопротивлением 60 Ом подключен вольтметр (рис.3.5). Когда длина левой (на рисунке) части обмотки реостата вдвое больше длины правой части, вольтметр показывает 8 В, а при перемещении контакта С к точке А до конца - 28 В. Найти сопротивление вольтметра, считая напряжение между точками А и В постоянным. (80 Ом)

6. Четыре лампы, рассчитанные на напряжение 3 В и силу тока 0.3 А, надо включить параллельно и питать от источника напряжением 5.4 В. Какой резистор надо включить последовательно лампам? Как изменится накал ламп, если одну из них отключить? (2 Ом; увеличится)

Добавочные задачи: С.25-13, 25-20.

### ЗАНЯТИЕ 6. Разветвлённые цепи. Правила Кирхгофа.

Домашнее задание № 6.

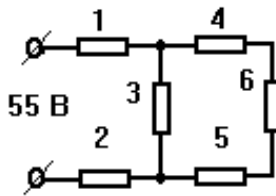


Рис.3.6.

1. В цепи (см. схему на рис.3.6) все сопротивления одинаковы и равны 2 Ома. Найти ток и напряжение для всех резисторов. ( $I_1=I_2=10$  А,  $I_3=7.5$  А,  $I_4=I_5=I_6=2.5$  А;  $U_1=U_2=20$  В,  $U_3=15$  В,  $U_4=U_5=U_6=5$  В).

2. Три гальванических элемента ( $E_1=1.3$  В,  $E_2=1.5$  В,  $E_3=2$  В,  $r_1=r_2=r_3=0.2$  Ома) подключены, как на рис.3.7, к сопротивлению 0,55 Ом. Найти токи в элементах. ( $I_1=1.5$  А,  $I_2=2.5$  А,  $I_3=4$  А).

3. На схеме (рис.3.8) сопротивления  $R_1=R_2=R_3=R_4=1000$  Ом,  $E_1=1.5$ В,  $E_2=1.8$  В.

Найти токи. ( $I_1=0.4$ ,  $I_2=0.7$ ,  $I_3=1.1$  мА,  $I_4=0$ ).

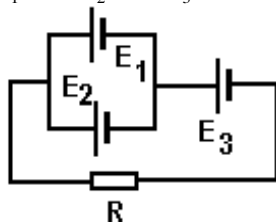


Рис.3.7.

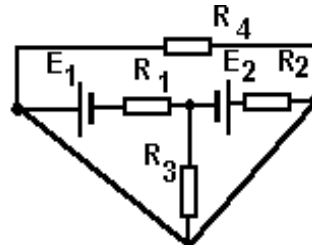


Рис.3.8.

4. Три элемента с ЭДС 1.3, 1.4 и 1.5 В и внутренними сопротивлениями по 0.3 Ом каждый включены параллельно друг другу на внешнее сопротивление 0.6 Ом. Найти токи в элементах. ( $1/3$ ,  $2/3$  и 1 А)

5. Найти разность потенциалов на зажимах двух включенных параллельно элементов, если их ЭДС 1.4 и 1.2 В и внутренние сопротивления - 0.6 и 0.4 Ом соответственно. (1.28 В)

6. Два элемента с ЭДС 2 В и внутренними сопротивлениями 1 и 1.5 Ом соединены последовательно и подключены к сопротивлению 0.5 Ом. Найти разность потенциалов на полюсах элементов. ( $2/3$  В и 0)

Добавочные задачи: С.26-16, 26-18.

### ЗАНЯТИЕ 7. Закон Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного тока. Источники тока.

Домашнее задание № 7.

1. Батарея состоит из 5 последовательно соединённых элементов с ЭДС 1.4 В и внутренним сопротивлением 0.3 Ом. При каком токе её полезная мощность равна 8 Вт? Какова максимальная полезная мощность? ( $8/3$  или 2 А; 49/6 Вт).

2. Найти работу тока на участке сопротивлением 12 Ом, где ток в течение 5 с равномерно вырос с 2 до 10 А. (2480 Дж).

3. Найти работу электрических сил и выделение тепла за 1 с в таких случаях: а) в проводе с током 1 А под напряжением 2 В; б) в аккумуляторе с ЭДС 1.3 В, заряжаемом током 1 А под напряжением 2 В; в) в батарее аккумуляторов с ЭДС 2.6 В, отдающей на внешнее сопротивление ток 1 А под напряжением 2 В. Ответы: а) +2 и +2 Дж; б) +2 и +0.7 Дж; в) -2 и +0.6 Дж.

4. Генератор питает 50 соединённых параллельно ламп сопротивлением 300 Ом каждая, и напряжение на его зажимах равно 120 В. Внутреннее сопротивление генератора - 0.1 Ом, сопротивление подводящих проводов - 0.4 Ом. Найти ЭДС генератора, силу тока в линии, напряжение на лампах, полезную мощность, потери мощности внутри генератора и в подводящих проводах. (20 А, 130 В, 120 В, 2 кВт, 40 Вт, 160 Вт)

5. На лампе написано 220 В, 100 Вт. Для измерения сопротивления вольфрамовой нити на лампу подали напряжение 2 В, и ток был равен 54 мА. Оценить температуру накала нити в рабочем состоянии. ( $\approx 2500$  °С)

6. От источника с ЭДС  $\epsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$  питают 3 включенных последовательно резистора сопротивлением  $3r$  каждый. Как изменятся ток в цепи, напряжение на зажимах источника и полезная мощность, если резисторы включить параллельно? (Рост в 5, падение в 1.8, рост в 2.8 раза)

Добавочные задачи: С.27-2, 27-9.

## ЗАНЯТИЕ 8. Электрический ток в различных средах.

### Домашнее задание № 8.

1. Определить импульс всех электронов провода длиной 10 км с постоянным током 400 А. ( $2.3 \cdot 10^{-5}$  кг·м/с).
  2. Амперметр в цепи электролитической ванны с раствором  $\text{AgNO}_3$  показывает ток 0.9 А. Так ли это, если за 5 мин выделилось 316 мг серебра? (Нет, 0.94 А)
  3. Между электродами разрядной трубки, удалёнными на 10 см, напряжение 5 В. Число пар ионов  $10^8$   $1/\text{м}^3$ , причём подвижность положительных ионов -  $0.03$   $\text{м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ , отрицательных -  $300$   $\text{м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ . Найти плотность тока в трубке. Какую часть тока создаёт движение положительных ионов? ( $0.24$   $\text{мкА}/\text{м}^2$ ; 0.0001).
  4. Найти ток насыщения ионизационной камеры с удалёнными на 6.2 см плоскими электродами площадью по  $100$   $\text{см}^2$ , если внешний ионизатор образует за 1 с  $10^9$  пар одновалентных ионов каждого знака в  $1$   $\text{см}^3$ . (100 нА).
  5. Концентрация электронов проводимости в Ge при комнатной температуре равна  $3 \cdot 10^{19}$   $\text{м}^{-3}$ . Какая часть атомов даёт электроны, если плотность германия  $5400$   $\text{кг}/\text{м}^3$ , а молярная масса -  $73$   $\text{кг}/\text{кмоль}$ . ( $6.7 \cdot 10^{-10}$ ).
  6. В электронно-лучевой трубке пучок электронов с кинетической энергией  $W = 8$  кЭв пролетает между управляющими пластинами длиной  $x = 4$  см, удалёнными на расстояние  $d = 2$  см. Какое напряжение  $U$  подали на пластины, если пучок на выходе из них сместился на  $y = 0.8$  см? ( $U = 4Wy/d / ex^2 = 3,2$  кВ).
- Добавочные задачи: С.29-6, 30-2.

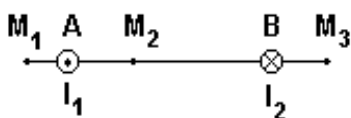
. Контрольная работа по электростатике и постоянному току.

### Часть 3. МАГНЕТИЗМ.

## ЗАНЯТИЕ 9. Закон Био-Савара. Поля токов различной конфигурации.

### Домашнее задание № 10.

1. По трём длинным параллельным прямым проводам, расположенным в одной плоскости на равном расстоянии 3 см, текут токи  $I_1 = I_2$  в одном и  $I_3 = 2I_1$  в противоположном направлении. Найти положение прямой с нулевой напряжённостью суммарного поля. (Если ток  $I_3$  находится с краю, то в 1 см от среднего провода; если ток  $I_3$  находится посередине, то решения нет).
2. По 2-м длинным параллельным прямым проводам, расположенным на расстоянии 5 см, текут в одном направлении токи 5 и 10 А. Найти напряжённость поля в точке, удалённой на 2 см от первого и 5 см от второго провода. (56 А/м).
3. Найти напряжённость поля в центре прямоугольника со сторонами  $a = 16$  и  $b = 30$  см, обтекаемого током  $I = 6$  А. Ответ:  $H = 2 I (a^2 + b^2)^{1/2} / \pi ab = 27$  А/м.



**Рис.3.9.**

4. Найти напряжённость поля, созданного током  $I = 5$  А, текущим по проводу в виде правильного треугольника стороной  $a = 30$  см, в вершине правильного тетраэдра, построенного на этом треугольнике. Ответ:  $H = I \sqrt{3} / (6a) = 1.5$  А/м.

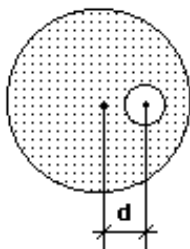
5. По проводу, согнутому в виде кольца радиусом 11 см, течёт ток 14 А. Найти напряжённость поля в центре кольца и в точке на оси кольца, удалённой на 10 см от его плоскости. (64 и 26 А/м)

6. Два длинных параллельных прямых провода А и В с токами  $I_1 = 20$  и  $I_2 = 30$  А (на рис.3.9 показаны направления токов) находятся на расстоянии  $AB = 10$  см. Найти напряжённость поля в точках  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$ , если  $M_1A = 2$  см,  $AM_2 = 4$  см и  $BM_3 = 3$  см. (120, 159 и 135 А/м)

Добавочные задачи: С.31-12, 31-13.

## ЗАНЯТИЕ 10. Закон полного тока. Магнитное поле Земли.

### Домашнее задание № 11.



**Рис.3.10.**

1. Найти напряжённость поля на удалении  $r = 0.5$  см от оси круглого медного провода радиусом  $R = 2$  см с током  $I = 500$  А. ( $I r / 2\pi R^2 = 1$  кА/м).
2. По длинному горизонтальному проводу, нормальному плоскости магнитного меридиана, на запад идёт ток 15 А. Величина поля Земли  $40$  А/м, угол наклона (с поверхностью)  $70^\circ$ . Указать точку вблизи середины провода, где результирующее поле равно нулю. Какова напряжённость поля на 5 см выше и ниже провода? (На 2.1 см ниже и 5.6 см южнее провода; около 70 и 50 А/м).
3. По длинному прямому соленоиду с плотностью намотки 35 витков на 1 см длины, течёт ток силой 2 А. Найти напряжённость поля вблизи середины соленоида и в центре одного из его оснований. (7000 и 3500 А/м)
4. На торе диаметрами внутренним 10 и внешним 40 мм равномерно намотаны 500 витков. Найти максимум и минимум напряжённости поля при токе в обмотке 5 А. (около 20 и 80 кА/м)
5. Внутри длинного прямого цилиндрического провода с постоянной плотностью тока  $j$  имеется цилиндрическая полость, ось которой параллельна оси провода и удалена от неё на расстояние  $d$  (рис.3.10). Найти напряжённость поля в полости. ( $H = jd / 2$ . Поле однородно и нормально направлениям  $j$  и  $d$ )



6. Прямой длинный соленоид плотно намотан в один слой проволокой диаметром 0.8 мм. Найти напряжённость поля в центре соленоида при токе в 1 А. (1250 А/м)

Добавочные задачи: С.31-9, 31-24.

#### ЗАНЯТИЕ 11. Сила Ампера. Сила Лоренца.

##### Домашнее задание № 12.

1. Из проволоки длиной 20 см сделали сначала квадратный, затем круглый контур. Найти действующие на них вращающие моменты в однородном поле индукцией 0.1 Тл, если ток в контурах 2 А, а их плоскость составляет угол 45° с направлением поля. (0.35 и 0.45 мН·м).

2. Электрон движется в магнитном поле индукцией  $B=2$  мТл по винтовой линии радиусом  $R=2$  см и шагом (расстоянием между витками)  $h=5$  см. Найти скорость электрона. Ответ:  $v = eB(h^2 + 4\pi^2 R^2)^{1/2} / 2\pi m = 7.6$  Мм/с.

3. Найти нормальное и тангенциальное ускорения электрона, движущегося со скоростью  $v$  в совпадающих по направлению электрическом  $E$  и магнитном  $B$  полях, если а) скорость направлена вдоль полей, б) перпендикулярна им. Ответ: а)  $a_n=0$ ,  $a_t = eE / m$ ; б)  $a_t = 0$ ,  $a_n = e(B^2 v^2 + E^2)^{1/2} / m$ .

4. Горизонтальный проводник длиной  $l$  и массой  $m$  подвешен на тонких проволочках в вертикальном однородном магнитном поле. Найти индукцию  $B$  этого поля, если при пропускании по проводнику тока  $I$  он отклоняется от вертикали на угол  $\alpha$ . ( $B = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha / I l$ ).

5. По кольцу из свинцовой проволоки диаметром  $d = 10$  см сечением  $S = 0.7$  мм<sup>2</sup> идёт ток  $I = 7$  А, и проволока нагрета почти до плавления. Порвётся ли она при включении однородного поля индукцией  $B=1$  Тл, перпендикулярного плоскости кольца, если прочность свинца на разрыв при таком нагреве  $p=2$  Н/мм<sup>2</sup>? (Нет. Для разрыва нужно поле  $B = 2Sp / Id = 4$  Тл)

6. Электрон со скоростью 10 Мм/с влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно его силовым линиям. Какова индукция поля, если электрон описал окружность радиусом 1 см? (5.6 мТл)

Добавочные задачи: С.31-30, 31-48.

#### ЗАНЯТИЕ 12. Магнитное поле в веществе. Магнитный поток.

##### Домашнее задание № 13.

1. На железное кольцо сечением 7 см<sup>2</sup> и средним диаметром 15 см равномерно навито 500 витков провода с током 0.6 А. Считая индукцию по сечению одинаковой, найти магнитный поток. При каком токе поток будет 840 мкВб? Здесь и в задачах ниже взять кривую индукции на стр.90 (700 мкВб и 1 А).

2. Ток  $I = 20$  А идёт по полой тонкостенной трубе радиусом  $R = 5$  см и обратно по сплошному проводнику радиусом  $r = 1$  мм, проложенному по оси трубы. Длина трубы  $l=20$  м. Найти магнитный поток такой системы, пренебрегая полем внутри металла. Ответ:  $\Phi = \mu_0 I (\ln R/r) / 2\pi = 313$  мкВб.

3. По цилиндрическому медному проводу радиусом  $R = 2$  см и длиной  $l=3$  м течёт ток  $I = 500$  А. Найти магнитный поток, пронизывающий одну из половин осевого сечения провода. ( $\Phi = \mu_0 I / 4\pi = 150$  мкВб)

4. Два одинаковых железных кольца средним диаметром 10 см имеют обмотки по 100 витков каждое. В одном из колец сделан поперечный разрез шириной 1 мм. По обмотке сплошного кольца идёт ток 2 А. Какой ток нужно пустить по обмотке разрезанного кольца для получения той же, что в сплошном, индукции. Считать магнитный поток в железе и воздухе одинаковым. (10 А)

5. По графику кривой индукции определить магнитную проницаемость железа при напряжённости 400 и 1600 А/м. (Около 1700 и 670)

6. Внутри соленоида сечением 100 см<sup>2</sup> индукция поля равна 2 мТл. Каким станет магнитный поток, если в соленоид ввести железный сердечник, заполняющий сечение полностью? Во сколько раз он вырастет? (1,4 мВб; в 700 раз)

Добавочные задачи: С.31-21, 31-41.

#### Часть 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

#### ЗАНЯТИЕ 13. Явление электромагнитной индукции (ЭМИ).

##### Домашнее задание № 14.

1. Плоскость кругового контура радиусом 2 см сопротивлением 1 Ом нормальна силовым линиям однородного поля индукцией 0.2 Тл. Какой заряд пройдет по контуру при повороте его на 90°. (250 мкКл).

2. Плоскость квадратной рамки из медной проволоки сечением 1 мм<sup>2</sup> площадью 25 см<sup>2</sup> перпендикулярна однородному магнитному полю, индукция которого меняется как  $B=B_0 \sin 100\pi t$ , где  $B_0=0.01$  Тл. Найти зависимость от времени магнитного потока через рамку, ЭДС индукции и тока в ней. ( $\Phi=25 \sin 100\pi t$  мкВб;  $E = -7.85 \cos 100\pi t$  мВ;  $i=2.3 \cos 100\pi t$  А).

3. Найти ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0.25 м, движущемся в однородном магнитном поле индукцией 8 мТл со скоростью 5 м/с под углом 30° к силовым линиям. (5 мВ).

4. Сколько витков содержит обмотка сечением 50 см<sup>2</sup>, если при изменении в ней за 5 мс поля  $B$  с 0.1 до 1.1 Тл возникает ЭДС индукции 100 В? (100)

5. При вращении металлов электроны перераспределяются, создавая электрическое поле. С какой частотой должен вращаться вокруг вертикальной оси горизонтальный медный диск, чтобы это поле исчезло, если вертикальную составляющую магнитного поля Земли принять равной 40 А/м. ( $1.4 \cdot 10^6$  об/с)

6. На деревянном тонком цилиндре длиной  $l=20$  см плотно намотаны две медные проволоки сечением  $S=2$  мм<sup>2</sup>. Одна из них замкнута накоротко. Какой заряд пройдёт по ней, если вторую подключить к аккумулятору с ЭДС  $\varepsilon = 2$  В и малым внутренним сопротивлением? ( $q = \mu_0 \varepsilon S^2 / 4\pi l \rho^2 = 13.8$  мКл)

Добавочные задачи: С.32-9, 32-16.

#### ЗАНЯТИЕ 14. Явления самоиндукции и взаимной индукции. Энергия контура с током и магнитного поля.

##### Домашнее задание № 15.

1. Катушка с железным сердечником имеет длину 50 см, площадь поперечного сечения 10 см<sup>2</sup> и 1000 витков. Найти индуктивность катушки при токах 0.1, 0.2 и 1 А. Использовать график индукции из раздела 6 пособия [1]. (8, 5 и 1.45 Гн)

2. В соленоид длиной 50 см с плотностью намотки 400 м<sup>-1</sup> и площадью поперечного сечения 10 см<sup>2</sup> вставили ферромагнитный сердечник, так что при токе 5 А магнитный поток составил 1.6 мВб. Найти индуктивность соленоида и магнитную проницаемость сердечника в этих условиях. (64 мГн и 640).

3. Формула индуктивности  $L = \mu_0 \mu N^2 S / l$  справедлива лишь для длинного соленоида. На практике нужно учитывать отношение диаметра соленоида  $D$  к его длине  $l$ . Для этого правую часть умножают на эмпирический коэффициент  $k$ , значение которого при однослойной равномерной намотке дано в таблице:

D/l	0.00	0.02	0.1	0.2	0.33	0.5	1	2	5	10	100
k	1.00	0.992	0.959	0.92	0.872	0.818	0.688	0.526	0.32	0.203	0.035

С учётом таблицы найти индуктивность: а) однослойной катушки длиной 10 см из витков диаметром 5 см, если диаметр проволоки 0.5 мм; б) кольца диаметром 10 см из проволоки диаметром 1 мм. (0.81 мГн; 0.35 мкГн)

4. Обмотка электромагнита индуктивностью 0.2 Гн имеет сопротивление 10 Ом и находится под постоянным напряжением. За какое время в обмотке выделится тепло, равное энергии магнитного поля сердечника? (10 мс)

5. Найти ЭДС самоиндукции в обмотке электромагнита индуктивностью 0.4 Гн, где сила тока равномерно выросла на 5 А за 20 мс. (100 В)

6. Индуктивность катушки из 1000 витков с железным сердечником сечением 20 см<sup>2</sup> - 20 мГн. При каком токе индукция поля в катушке равна 1 мТл? (0.1 А)

Добавочные задачи: С.31-21, 31-42.

#### ЗАНЯТИЕ 15. Закон Ома для переменного тока. Мощность в цепи переменного тока.

##### Домашнее задание № 16.

1. Найти ёмкость конденсатора, при включении которого в розетку (220 В, 50 Гц) идёт ток 2.5 А. (36 мкФ)

2. Найти ток в цепи из последовательно соединённых конденсатора ёмкостью 20 мкФ и резистора сопротивлением 150 Ом, включенных в сеть (110 В, 50 Гц). Каковы напряжения на конденсаторе и резисторе? (0.5 А; 80 и 75 В)

3. При включении в розетку (220 В, 50 Гц) последовательно соединённых конденсатора ёмкостью 10 мкФ и дросселя активным сопротивлением 120 Ом по цепи идёт ток 1 А. Найти индуктивность дросселя. (1.6 Гн)

4. В сеть 120 В, 50 Гц включили соединённые параллельно конденсатор ёмкостью 20 мкФ и дроссель сопротивлением 100 Ом, индуктивностью 0.5 Гн. Найти токи через конденсатор, дроссель и общий ток из сети. (0.75, 0.64, 0.4 А)

5. При включении в сеть  $U=120$  В (50 Гц) последовательно соединённых резистора сопротивлением  $R=20$  Ом и дросселя напряжение на дросселе  $U_2=91$  В, а на резисторе  $U_1=44$  В. Какие мощности  $P_2$  и  $P_1$  потребляют дроссель и резистор? Ответ:  $P_1 = U_1^2 / R = 97$  Вт,  $P_2 = (U^2 - U_1^2 - U_2^2) / 2R = 105$  Вт.

6. При включении в сеть переменного тока соединённых параллельно резистора сопротивлением 50 Ом и дросселя из сети потребляется ток 4.5 А. Какие мощности потребляют дроссель и резистор, если по дросселю идёт ток 2.8 А, а по резистору - 2.5 А? (154 и 312 Вт).

Добавочные задачи: С.33-22, 33-23.

ЗАНЯТИЕ 16. Резервное. Его содержание определит ведущий преподаватель в зависимости от ситуации в семестре (наличия задолжников, попадания занятий на праздники и т.д.).

Контрольная работа по магнетизму и электромагнитным явлениям.

Проработать списки понятий, решение аудиторных и домашних заданий по занятиям 9-15.

#### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью и правильно решил все задачи, правильно и полностью записав исходные физические условия задачи;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент полностью и правильно решил все задачи, но не везде правильно и полностью записав исходные физические условия задачи;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент не полностью или не везде правильно решил задачи, не везде правильно и полностью записав исходные физические условия задачи;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если исходные физические условия и решения задач отсутствуют без уважительной причины.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ** по дисциплине «Электричество и магнетизм»

### **Контрольная работа № 1.** **Электростатика и постоянный ток**

Содержит 24 билета по 3 задачи в каждом. Билеты хранятся у преподавателя, ведущего практические занятия.

### **Контрольная работа № 2.** **Магнетизм. Электромагнитные явления.**

Содержит 24 билета по 3 задачи в каждом. Билеты хранятся у преподавателя, ведущего практические занятия.

**Критерии оценки:** полностью решенные без замечаний задачи билета (варианта) контрольной работы оцениваются в 5 баллов. Мелкие замечания (неверно или не полностью обозначены исходные данные задачи, не указаны единицы измерения результата, допущена математическая ошибка в расчётах, не учтены десятичные приставки и т.п.) снижают общую оценку на 0,1 балла за каждое замечание.

- оценка «отлично» выставляется, если студент набрал 4,5 баллов и более;
- оценка «хорошо» выставляется, если студент набрал 3,5 балла и более, но менее 4,5 баллов;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент набрал 2,5 балла и более, но менее 3,5 баллов;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент набрал менее 2,5 балла.

## **ИЗУЧАЕМЫЕ САМОСТОЯТЕЛЬНО ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ** по дисциплине «Общая физика, часть 3. Электричество и магнетизм»

1. Эквипотенциальные поверхности, их вид для поля точечного заряда, диполя, однородного поля; доказать перпендикулярность силовых линий и эквипотенциальных поверхностей.
2. Расчёт поля длинной равномерно заряженной цилиндрической поверхности (предполагаемый вид силовых линий; выбор замкнутой поверхности; поток через нее; напряжённость поля; изменение потенциала).

3. Сегнетоэлектрики.
4. Найти поле точечного заряда  $q$ , помещённого в центре шарового слоя радиусами  $R_1$  и  $R_2$  из диэлектрика проницаемостью  $\epsilon$ ; изменится ли результат, если заряд находится не в центре слоя?
5. Высоковольтный генератор (генератор Ван-де-Граафа)
6. Ёмкость цилиндрического конденсатора. Доказать на основе формулы разности потенциалов для двух соосных цилиндрических поверхностей из самостоятельного задания № 2
7. Распределение токов и напряжений и общее сопротивление цепи при параллельном и последовательном соединении резисторов. б) включение и назначение омметра, амперметра и шунта к нему, вольтметра и добавочного сопротивления к нему; авометр. в) пусть сопротивление гальванометра  $r_g$ , он рассчитан на ток  $I_g$ , а надо измерить больший ток  $I$ , причём  $n = I/I_g$ . По законам параллельного соединения резисторов получить формулу сопротивления шунта  $R_{ш} = R_g/(n-1)$ . г) Зная  $R_g$  и предел измерения гальванометра по напряжению  $U_g$ , по законам последовательного соединения резисторов получить формулу добавочного сопротивления  $R_d = R_g(n' - 1)$ , нужного для измерения большего в  $n' = U/U_g$  раз напряжения  $U$ .
8. Мост Уитстона, его применение в измерительной технике.
9. Параллельное и последовательное соединение источников тока.
10. Экспериментально наблюдаемые свойства сверхпроводников (критическая температура; эффект Мейснера; критические поле и ток). Использование сверхпроводимости, открытие высокотемпературных сверхпроводников.
11. Термо-, фото- и тензорезистор, их применения.
12. Устройство и принцип действия электронного микроскопа, сканирующего туннельного микроскопа и электронно-лучевой трубки; основные блоки и принцип действия электронного осциллографа. Что видно на экране осциллографа при отношении частот исследуемого синусоидального сигнала и развёртки 3:2? 2:3?
13. Сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) - основа современной микроэлектроники; их устройство и технология получения.
14. Применения электролиза; Аккумуляторы.
15. Четыре вида самостоятельных разрядов, их особенности, применение. Газовые разряды в природе, молния. Плазма; её применение; плазма в природе; проблема управляемого термоядерного синтеза.
16. Контур с током в неоднородном поле
17. Поле внутри длинного прямого цилиндрического провода с постоянным током.
18. Опыт Эйнштейна и де Гааза; антиферромагнетики; ферриты.
19. Масс-спектрометр; циклотрон; циклические ускорители:
20. Магнетизм как релятивистский эффект.
21. Учёт и применение вихревых токов. Устройство, принцип действия и применения бетатрона. Скин-эффект.
22. Учёт и применение вихревых токов. Устройство, принцип действия и применения бетатрона. Скин-эффект.
23. Электромеханическая аналогия.
24. Устройство и принцип действия генератора незатухающих электромагнитных колебаний на вакуумном триоде.
25. Развитие средств связи.

### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется, если студент полностью и правильно раскрыл все вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется, если студент не полностью раскрыл все вопросы, или не везде правильно;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент не полностью раскрыл все вопросы и не везде правильно;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если ответы на самостоятельно изучаемые вопросы отсутствуют без уважительной причины.

## **Вопросы теоретического собеседования в ходе выполнения лабораторных работ.**

### **Работа № 1 (вводная). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ.**

Электроизмерительные приборы (виды приборов, обозначения на шкалах, предел измерения, цена деления, класс точности и погрешность прибора); обозначения в электрических схемах; расчёт погрешности измерений.

### **Первый цикл – работы с номерами 2-6.**

#### **Работа № 2. ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО И ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФОВ.**

1. Теория близкодействия. Электрическое поле, его основные свойства. Напряжённость электрического поля, силовые линии. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя.

2. Потенциал. Потенциал поля точечных зарядов, системы зарядов. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряжённости и потенциала. Работа в электростатическом поле. Его потенциальность.

3. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Вакуумные приборы: диод, триод, электронно-лучевая трубка. Холодная эмиссия; другие виды эмиссий.

#### **Работа № 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.**

1. Свойства заряженного проводника в электростатике. Высоковольтный генератор. Проводник в электрическом поле. Электростатическая защита. Электрическое поле Земли.

#### **Работа № 4а. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ И ЗАВИСИМОСТИ ЕГО ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТОДОМ МОСТИКОВОЙ СХЕМЫ УИТСТОНА (работы 4а и 4б выполняются на одном занятии)**

1. Электрический ток. Сила и плотность тока. Электрическое сопротивление. Закон Ома для металлического проводника.

2. Сторонние силы и ЭДС. Закон Ома для участка цепи с ЭДС и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.

3. Опыты Стюарта и Толмена, Манделштама и Папалекси. Природа тока в металлах. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца классической электронной теорией; её трудности.

#### **Работа № 4б. ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА В МЕТАЛЛАХ И ГРАДУИРОВКА ТЕРМОПАРЫ.**

1. Законы Вольта. Их объяснение КЭТ. Термоэлектрические явления в контакте металлов; термопара, термобатарея, их применение.

#### **Работа № 5а. ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЫ (работы 5а и 5б выполняются на одном занятии)**

1. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость полупроводников.

#### **Работа № 5б. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА. ПОЛУЧЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАММ ПОДВОДИМОГО И ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЙ.**

1. Контактные явления в полупроводниках. Запирающий слой. Полупроводниковые диод и триод.

Работа № 6а. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЗАРЯДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА (работы 6а и 6б выполняются на одном занятии)

1. Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Электролиз, законы Фарадея; применение электролиза. Гальванические элементы. Аккумуляторы.

Работа № 6б. ИЗУЧЕНИЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА.

1. Газовый разряд. Условия его возникновения, вольтамперная характеристика. Четыре вида разрядов, их применение. Молния. Плазма.

**Второй цикл – работы с номерами 7-12.**

Работа № 7. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТНЫМИ ДАТЧИКАМИ

1. Магнитное поле, его описание. Закон Ампера. Круговой ток в магнитном поле. Магнитный момент витка с током.

2. Закон Био и Савара. Принцип суперпозиции. Магнитное поле прямого и кругового токов.

3. Сила Лоренца. Движение заряда в однородном магнитном поле. Эффект Холла.

Работа № 8 ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА

1. Закон полного тока (теорема о циркуляции в магнитном поле). Вихревой характер магнитного поля. Теорема Гаусса для этого поля. Поле тороида и соленоида.

2. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Два механизма появления индукционного тока. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Вихревые токи. Скин-эффект.

Работа № 9. ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ И ЁМКОСТИ  
И ПРОВЕРКА ЗАКОНА ОМА ДЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Получение переменной ЭДС. Квазистационарный переменный ток: сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи такого тока. Метод векторных диаграмм. Закон Ома для переменного тока.

Работа № 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

1. Собственные колебания электрического колебательного контура. Затухающие колебания. Добротность. Вынужденные колебания и резонансные явления в контуре. Получение незатухающих колебаний с помощью электронных приборов.

Работа № 11. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

1. Резонанс токов и напряжений. Мощность в цепи переменного тока. Действующее значение переменного тока.

Работа № 12а. СНЯТИЕ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ФЕРРОМАГНЕТИКА  
(работы 12а и 12б выполняются на одном занятии)

1. Магнитные свойства ферромагнетиков. Природа ферромагнетизма.

Работа № 12б. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

1. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение, его решение. Электромагнитные волны.

2. Энергия и скорость электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга. Излучение электромагнитных волн. опыты Герца.

3. Принцип радиосвязи и радиолокации. Телевидение.

**Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания и теоретический вопрос раскрыт полностью.

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

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

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания и не раскрыт теоретический вопрос.

### **Перечень отрабатываемых в лаборатории экспериментальных и практических умений**

#### **Работа № 1 (вводная). ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ.**

1. Объяснив назначение всех клемм и ручек выпрямителя (типов В-24, ВУП, ВС 4-12 и пр.), авометром измерить все напряжения, правильно выбирая пределы измерений, шкалы, вид тока и пр.

2. В собранной на столе электрической цепи объяснить назначение всех элементов, начертить схему цепи и устранить все причины, мешающие горению лампочки (в том числе с помощью омметра найти место обрыва цепи).

3. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного вольтметра, назначение всех клемм и добавочных сопротивлений, измерить им напряжение в сети и на клеммах выпрямителя ВУП.

4. Объяснив порядок измерений с помощью школьного демонстрационного амперметра, назначение всех его клемм и шунтов, измерить ток через реостат, подсоединенный к выпрямителю типа В-24.

5. Измерив напряжение на реостате, подсоединенном к выпрямителю В-24, найти ток через него и рассчитать погрешность измерения.

#### **Первый цикл – работы с номерами 2-6.**

#### **Работа № 2. ИЗМЕРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО И ЦИФРОВОГО ОСЦИЛЛОГРАФОВ.**

1. Используя звуковой генератор и В-24 (или РНШ) как источники переменного тока, получить на экране осциллографа фигуры Лиссажу для нескольких отношений частот.

2. Подав от звукового генератора 3 сигнала разной частоты (50, 200 и 500 Гц) и амплитуды (выходы 5, 600 и 2000 Ом), получить на экране осциллографа устойчивое изображение периода синусоиды с примерно равной амплитудой.

3. С помощью цифрового осциллографа измерить данные напряжения на выходе звукового генератора.

Примечание: от генератора подавать на цифровой осциллограф напряжение не выше 10 В (!) и частотой не выше 500 Гц.

#### **Работа № 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.**

1. Собрав установку для исследования электрических полей, с помощью вилки найти направление силовых линий поля двух пластин и показать, что это поле близко к однородному; найдя его напряжённость с помощью вилки и теоретически (по расстоянию между пластинами и напряжению между ними), сравнить результаты.

Примечание: от ГЗШ подавать на пластины напряжение не выше 30 В частотой 500 Гц.

2. Дано электрическое поле с потенциалом, указанным преподавателем (например,  $\varphi=5x^2+3y+5$ ). Заряд  $+1$  нКл помещён в точку А(1,2) этого поля. Найти энергию заряда и действующую на него в точке А силу, а также работу перемещения в точку В(3,4).

3. Для предложенной преподавателем системы зарядов найти напряжённость и потенциал электрического поля в заданной точке.

Работа № 4а. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ И ЗАВИСИМОСТИ ЕГО ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТОДОМ МОСТИКОВОЙ СХЕМЫ УИТСТО-НА (работы 4а и 4б выполняются на одном занятии)

1. Омметром (прибором типа ММВ) измерить сопротивления двух катушек, а затем, соединяя их параллельно и последовательно, сравнить полученные в опытах данные с расчётными.

2. По известным чувствительности и сопротивлению школьного демонстрационного гальванометра найти сопротивление шунта, который надо включить с гальванометром для измерения тока до 3 А. Результат сравнить (прибором ММВ) с сопротивлением аналогичного шунта, имеющегося при гальванометре.

3. По чувствительности и сопротивлению школьного гальванометра найти величину добавочного сопротивления, необходимого для измерения постоянного напряжения до 15 В. Результат сравнить (прибором ММВ) с добавочным сопротивлением при гальванометре.

Работа № 4б. ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА В МЕТАЛЛАХ И ГРАДУИРОВКА ТЕРМОПАРЫ.

1. Отградуировать термопару, определив её коэффициент термоЭДС.

2. Определив направление тока в цепи термопары, найти, в каком металле концентрация электронов больше. Какой спай нагреется за счет эффекта Пельтье при указанной преподавателем полярности внешней ЭДС?

Работа № 5а. ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНЫ (работы 5а и 5б выполняются на одном занятии)

1. Сняв зависимость сопротивления полупроводника от температуры, найти ширину его запрещенной зоны.

Работа № 5б. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДИОДА.

ПОЛУЧЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАММ ПОДВОДИМОГО И ВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЙ.

1. Собрав схему одно- и двухполупериодного выпрямителей, получить осциллограммы подвального и выпрямленного напряжений.

2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму напряжения на выходе предложенного преподавателем выпрямителя и определить, является ли выпрямитель однополупериодным.

Примечание: цифровой осциллограф измеряет напряжения до 10 В!

Работа № 6а. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЗАРЯДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА (работы 6а и 6б выполняются на одном занятии)

1. Присоединив к батарее аккумуляторов реостат, измерить ток в цепи и найти, пренебрегая сопротивлением амперметра и проводов, каковы внутреннее сопротивление и ЭДС каждого элемента батареи.

Работа № 6б. ИЗУЧЕНИЕ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА.

1. Собрав схему релаксационного генератора, для 2-х значений его частоты получить устойчивое изображение сигнала на экране.

### **Второй цикл – работы с номерами 7-13.**

Работа № 7. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТНЫМИ ДАТЧИКАМИ

1. Магнитным зондом найти величину и направление магнитного поля Земли в лаборатории, отградуировав зонд по полю в центре кругового тока.

2. Отклоняя электронный пучок осциллографа, определить полярность полюсов постоянного магнита.



3. В предложенных преподавателем случаях показать путь расчёта магнитного поля системы токов.

4. В предложенных преподавателем случаях найти величину и направление сил Ампера или Лоренца.

#### Работа № 8 ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНоиДА

1. Экспериментально показать баллистическим методом, что поле в центре соленоида близко к однородному. Объяснить суть метода.

2. Повторить основные опыты Фарадея.

3. К проводящему кольцу приближается (удаляется) полюс постоянного магнита. По правилу Ленца найти направление индукционного тока; найти также направление силы Ампера.

4. С помощью правила Ленца объяснить скин-эффект.

#### Работа № 9. ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ И ЁМКОСТИ И ПРОВЕРКА ЗАКОНА ОМА ДЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1. Имея источник переменного тока (типа В-24 или РНШ) и авометр, найти индуктивность катушки или ёмкость конденсатора.

2. С помощью звукового генератора и авометра продемонстрировать зависимость индуктивного и ёмкостного сопротивлений от частоты тока. Показать, что рост числа витков катушки и введение в неё ферромагнитного сердечника увеличивают индуктивность.

#### Работа № 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

1. По заданному преподавателем уравнению гармонического колебания построить его график; решить обратную задачу.

2. С помощью цифрового осциллографа получить осциллограмму затухающих колебаний в колебательном контуре.

#### Работа № 11. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ

1. Соединив последовательно предложенные преподавателем конденсатор известной ёмкости, лампочку и катушку, подключить их к звуковому генератору, добиться резонанса и найти индуктивность катушки.

Примечание: для катушки "3600" и конденсатора ёмкостью порядка единиц микрофард резонансная частота меньше 200 Гц.

#### Работа № 12а. СНЯТИЕ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА ФЕРРОМАГНЕТИКА (работы 12а и 12б выполняются на одном занятии)

1. Собрав экспериментальную установку, получить на экране осциллографа петлю гистерезиса. Объяснить работу установки.

#### Работа № 12б. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

1. Повторить некоторые опыты Герца: а) продемонстрировать явление резонанса в приемном контуре, изменяя ёмкость его конденсатора; б) ориентируя и перемещая диполь относительно излучающего, показать зависимость получаемой энергии от ориентации диполей и расстояния до излучателя; объяснить влияние ориентации на основе диаграммы направленности излучения диполя.

#### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент полностью владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, и умение показано без замечаний.

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент свободно владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, но умение показано с замечаниями.

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент частично владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, и умение показано с замечаниями.

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не владеет важнейшими физическими понятиями, выделенными для заучивания, и умение не показано.