

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

КАФЕДРА ОБЩЕЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика. Электродинамика сплошных сред
название дисциплины

для студентов направления подготовки

03.03.02 Физика

код и название [специальности/направления подготовки]

образовательная программа

Ядерно-физические технологии в медицине

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины:

Формирование у студентов базовых теоретических знаний об электрических, магнитных и оптических свойствах сплошных сред.

Задачи изучения дисциплины:

- Изучение понятий: тензоры диэлектрической проницаемости, магнитной проницаемости и удельной проводимости среды;
- Тензоры для стационарных явлений;
- Тензоры для нестационарных явлений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП СПЕЦИАЛИТЕТА

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части.

Для успешного освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения дисциплин Математический анализ, Аналитическая геометрия, Общая физика (механика), Общая и неорганическая химия, Начертательная геометрия, Общая физика (молекулярная физика и основы статистической термодинамики), Линейная алгебра.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Дифференциальные и интегральные уравнения, Векторный и тензорный анализ, Теория функций комплексного переменного, Медицинская биохимия, Общая физика (волны, оптика и атомная физика), Теория вероятностей и математическая статистика, Численные методы, Ядерная физика, Уравнения математической физики, Физика атомного ядра и элементарных частиц, Производственная практика: технологическая, Квантовая теория. Термодинамика. Статистическая физика, «Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

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

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП Содержание компетенций*	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа

	дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами
ПК-1	Способен использовать профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	З-ПК-1 знать основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории физики, основные методы теоретического и экспериментального исследования, методы измерения различных физических величин У-ПК-1 уметь разбираться в физических принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности В-ПК-1 владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей, а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-	-	-

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	72	
Контактная* работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	96	
Аудиторная работа (всего**):	48	
<i>в том числе:</i>		
лекции	32	
семинары, практические занятия	16	
лабораторные работы		
Внеаудиторная работа (всего**):	24	
<i>в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем***:</i>	0	
курсовое проектирование	0	
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем <i>(необходимо указать только конкретный вид учебных занятий)</i>	0	
творческая работа (эссе)	0	
Самостоятельная работа обучающихся** (всего)	24	
Вид промежуточной аттестации обучающегося	зачет	

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

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Общая трудоём- кость всего (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успевае- мости	
			Аудиторные учебные занятия				
			Лек	Сем/Пр	Лаб		
5.	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	50	14	28		8	
5.1.	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ВАКУУМЕ	18	6	10		2	Коллоквиум п.5.1-5.4
5.2.	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ДИЭЛЕКТРИКЕ	16	4	10		2	
5.3.	ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	8	2	4		2	
5.4.	ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	8	2	4		2	
6.	МАГНЕТИЗМ	76	20	40		16	
6.1.	ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВАКУУМЕ	11	3	6		2	Контрольная работа п.6.1.- 6.8
6.2.	МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ	14	4	8		2	
6.3.	ПЕРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ	17	5	10		2	
6.4.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ	8	2	4		2	
6.5.	ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК	8	2	4		2	
6.6.	ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ	8	2	4		2	
6.7.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ И ПОЛУПРОВОДНИКАХ	5	1	2		2	
6.8.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ	5	1	2		2	

Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся

5.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
5.	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	
5.1.	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ВАКУУМЕ	Электрический заряд. Свойства электрических зарядов. Закон сохранения заряда. Точечный заряд. Закон Кулона.

		<p>Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Сила, действующая на заряд в электрическом поле. Принцип суперпозиции полей.</p> <p>Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности. Объемная, поверхностная и линейная плотности зарядов. Поле заряженных цилиндрических и сферических поверхностей, поле одной и двух плоскостей. Поле заряженного шара. Дивергенция вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности в дифференциальной форме.</p> <p>Потенциальное поле сил. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема циркуляции вектора напряженности. Ротор вектора напряженности. Дифференциальная формулировка потенциального поля. Потенциал. Связь между потенциалом и вектором напряженности. Эквипотенциальные поверхности.</p> <p>Электрический диполь. Электрический момент диполя. Потенциал и поле диполя. Момент сил, действующих на диполь, и энергия диполя во внешнем электрическом поле. Сила, действующая на диполь в неоднородном поле [1-5].</p>
5.2.	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ДИЭЛЕКТРИКЕ	<p>Диэлектрики. Сторонние и связанные заряды. Полярные и неполярные молекулы. Электрическая, ориентационная и ионная поляризации диэлектриков. Поляризованность. Поляризуемость молекул. Поле в диэлектрике. Макро- и микроскопическое поле. Диэлектрическая восприимчивость. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для вектора электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость. Связь между поляризованностью и поверхностной плотностью связанных зарядов. Теорема Гаусса для вектора поляризованности в интегральной и дифференциальной формах. Условия возникновения объемных связанных зарядов в диэлектрике. Условия на границе раздела двух диэлектриков и на границе раздела проводник-диэлектрик [1-5].</p>
5.3.	ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	<p>Условия равновесия зарядов в проводнике. Поле вблизи поверхности и внутри проводника. Метод изображений. Сила и плотность тока. Напряжение. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Ома в дифференциальной форме.</p> <p>Электроемкость. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Емкость конденсатора. Формулы емкости плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов [1-5].</p>
5.4.	ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	<p>Потенциальная энергия заряда в электрическом поле. Энергия системы зарядов. Собственная энергия и энергия взаимодействия. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля [1-5].</p>
6.	МАГНЕТИЗМ	
6.1.	ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВАКУУМЕ	<p>Взаимодействие токов. Магнитное поле Свойства магнитного поля. Магнитная индукция. Сила Лоренца. Принцип суперпозиции магнитных полей.</p> <p>Закон Био-Савара. Теорема Гаусса для вектора магнитной индукции. Дивергенция вектора магнитной индукции. Поле прямого тока. Поле в центре и на оси кругового тока. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Поле соленоида и</p>

		тороида. Закон Ампера. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле: вращательный момент, энергия, сила, действующая на контур в неоднородном магнитном поле. Работа при перемещении контура с током в магнитном поле [1-5].
6.2.	МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ	<p>Магнетики. Токи проводимости и токи намагничения (молекулярные токи). Намагченность. Поле в магнетиках. Теорема о циркуляции вектора намагченности. Напряженность магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. Условия возникновения объемных токов намагничения. Условия на границе раздела двух магнетиков.</p> <p>Магнитные свойства вещества. Магнитомеханические явления. Гиромагнитное отношение. Опыт Эйнштейна и де-Хааса. Опыт Барнтарта.</p> <p>Магнитные моменты атомов и молекул. Опыт Штерна и Герлаха.</p> <p>Диа-, пара- и ферромагнетики. Природа диамагнетизма и парамагнетизма. Ферромагнетизм. Основная кривая намагничения. Магнитное насыщение. Гистерезис. Остаточное намагничение. Коэрцитивная сила. Магнитострикция. Природа ферромагнетизма. Точка Кюри. Антиферромагнетизм [1-5].</p>
6.3.	ПЕРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ	<p>Явление электромагнитной индукции. Опыт Фарадея. Правило Ленца. ЭДС индукции. Потокосцепление (полный магнитный поток).</p> <p>Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. ЭДС самоиндукции. Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Теорема взаимности.</p> <p>Энергия магнитного поля. Взаимная энергия токов. Плотность энергии магнитного поля. Работа перемагничивания ферромагнетика.</p> <p>Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Полный ток. Уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.</p> <p>Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Уравнение плоской электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Импульс и масса электромагнитного поля.</p>
6.4.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ	Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура. Вынужденные электрические колебания. Резонансные кривые для напряжения и силы тока [1-5].
6.5.	ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК	Квазистационарные токи. Переменный ток, текущий через индуктивность. Индуктивное сопротивление. Переменный ток, текущий через емкость. Емкостное сопротивление. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и активное сопротивление.
		Мощность, выделяемая в цепи переменного тока. Действующие значения напряжения и силы тока [1-5].
6.6.	ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В	Отклонение заряженных частиц электрическим полем. Отклонение заряженных частиц магнитным полем. Движение

	ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ	заряженной частицы в однородном магнитном поле. Удельный заряд. Определение удельного заряда электрона. Опыт Томсона. Опыт Буша. Определение заряда электрона. Опыт Милликена. Элементарный заряд. Определение зарядов ионов. Метод парабол Томсона. Масс-спектограф Астона. Ускорители заряженных частиц. Генератор Ван-де-Граафа. Бетатрон. Циклотрон. Фазotron [1-5].
6.7.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ И ПОЛУПРОВОДНИКАХ	Носители заряда в металлах. Модель свободных электронов. Понятие о классической электронной теории металлов. Расхождение между выводами классической электронной теории и опытными фактами [1-5].
6.8.	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ	Несамостоятельный и самостоятельный газовый разряды. Ионизация и рекомбинация. Несамостоятельный разряд. Ток насыщения. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Искровой и коронный разряды [1-5].

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
5.	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	
5.1.	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ВАКУУМЕ	<p>Электрический заряд. Свойства электрических зарядов. Закон сохранения заряда. Точечный заряд. Закон Кулона.</p> <p>Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Сила, действующая на заряд в электрическом поле. Принцип суперпозиции полей.</p> <p>Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности. Объемная, поверхностная и линейная плотности зарядов. Поле заряженных цилиндрических и сферических поверхностей, поле одной и двух плоскостей. Поле заряженного шара. Дивергенция вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности в дифференциальной форме.</p> <p>Потенциальное поле сил. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема циркуляции вектора напряженности. Ротор вектора напряженности. Дифференциальная формулировка потенциального поля. Потенциал. Связь между потенциалом и вектором напряженности. Эквипотенциальные поверхности.</p> <p>Электрический диполь. Электрический момент диполя. Потенциал и поле диполя. Момент сил, действующих на диполь, и энергия диполя во внешнем электрическом поле. Сила, действующая на диполь в неоднородном поле [1-5].</p>
5.2.	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ДИЭЛЕКТРИКЕ	Диэлектрики. Сторонние и связанные заряды. Полярные и неполярные молекулы. Электрическая, ориентационная и ионная поляризации диэлектриков. Поляризованность. Поляризуемость молекул. Поле в диэлектрике. Макро- и микроскопическое поле. Диэлектрическая восприимчивость. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для вектора электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость. Связь между поляризованностью и поверхностной плотностью

		связанных зарядов. Теорема Гаусса для вектора поляризованности в интегральной и дифференциальной формах. Условия возникновения объемных связанных зарядов в диэлектрике. Условия на границе раздела двух диэлектриков и на границе раздела проводник-диэлектрик [1-5].
5.3.	ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	Условия равновесия зарядов в проводнике. Поле вблизи поверхности и внутри проводника. Метод изображений. Сила и плотность тока. Напряжение. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Ома в дифференциальной форме. Электроемкость. Емкость единственного проводника. Конденсаторы. Емкость конденсатора. Формулы емкости плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов [1-5].
5.4.	ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	Потенциальная энергия заряда в электрическом поле. Энергия системы зарядов. Собственная энергия и энергия взаимодействия. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля [1-5].
6. МАГНЕТИЗМ		
6.1.	ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВАКУУМЕ	Взаимодействие токов. Магнитное поле Свойства магнитного поля. Магнитная индукция. Сила Лоренца. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Био-Савара. Теорема Гаусса для вектора магнитной индукции. Дивергенция вектора магнитной индукции. Поле прямого тока. Поле в центре и на оси кругового тока. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Поле соленоида и тороида. Закон Ампера. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле: вращательный момент, энергия, сила, действующая на контур в неоднородном магнитном поле. Работа при перемещении контура с током в магнитном поле [1-5].
6.2.	МАГНИТОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ	Магнетики. Токи проводимости и токи намагничения (молекулярные токи). Намагниченность. Поле в магнетиках. Теорема о циркуляции вектора намагниченности. Напряженность магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. Условия возникновения объемных токов намагничения. Условия на границе раздела двух магнетиков. [1-5].
6.3.	ПЕРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТОЕ ПОЛЕ	Явление электромагнитной индукции. Опыт Фарадея. Правило Ленца. ЭДС индукции. Потокосцепление (полный магнитный поток). Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. ЭДС самоиндукции. Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Теорема взаимности. Энергия магнитного поля. Взаимная энергия токов. Плотность энергии магнитного поля. Работа перемагничивания ферромагнетика. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Полный ток. Уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

		Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Уравнение плоской электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Импульс и масса электромагнитного поля.
6.4.	ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ	Отклонение заряженных частиц электрическим полем. Отклонение заряженных частиц магнитным полем. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Удельный заряд. [1-5].

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

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

7.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 6 семестр			
1.	Электричество	УКЕ-1, ПК-1	Коллоквиум
2.	Магнетизм	УКЕ-1, ПК-1	Контрольная работа №3
Промежуточный контроль, 3 семестр			
	Экзамен		Билеты
Всего:			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. а) Экзамен, типовые вопросы - образец:

3-ий семестр «Электричество и магнетизм»

- Понятие точечного заряда. Закон Кулона. Зависимость силы от расстояния. Зависимость силы от величины зарядов.
- Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции. Поле системы точечных зарядов. Поле системы распределенных зарядов.
- Теорема Остроградского-Гaussa. Поле заряженной поверхности.
- Дивергенция электрического поля. Пограничное условие для нормальных составляющих напряженности.
- Работа сил электрического поля. Теорема Стокса. Пограничное условие для тангенциальных составляющих напряженности.
- Электрический диполь и его поле (потенциал, напряженность, уравнение силовых линий).
- Сила и момент силы, действующие на диполь во внешнем поле.
- Электростатическое поле при наличии проводников: понятие проводника, математическая формулировка закона сохранения заряда, микроскопическое и макроскопическое поле, напряженность поля внутри проводника.
- Электрическое поле вблизи поверхности проводника. Поверхностная плотность заряда на искривленных поверхностях. Проводящие экраны.
- Теорема о единственности решения уравнения Лапласа. Метод изображений.
- Емкость уединенного проводника. Система проводников: потенциальные и емкостные коэффициенты. Примеры.
- Понятие о конденсаторе. Примеры вычисления емкостей конденсаторов.
- Энергия электростатического взаимодействия системы точечных зарядов. Обобщение на случай непрерывного распределения зарядов. Примеры: энергия точечного заряда и диполя во

внешнем поле, непосредственный расчет электростатической энергии заряженного конденсатора.

15. Вывод выражения для энергии электростатического поля. Плотность энергии электростатического поля. Примеры: полная энергия системы двух точечных зарядов, энергия системы проводников.

16. Определение диэлектрика. Его свойства и характеристики: электрический дипольный момент молекулы, потенциал поля электронейтральной молекулы, вектор поляризации диэлектрика.

17. Потенциал электростатического поля при наличии диэлектриков.

18. Поляризуемость диэлектрика. Вектор электрического смещения. Границные условия для электрического поля при наличии диэлектриков.

19. Основные уравнения электростатики при наличии диэлектриков. Непосредственный расчет поля при наличии однородного диэлектрика.

20. Связь между локальным и внешним полем в диэлектрике: микро- и макроскопические значения физических величин, усреднение микроскопического поля в диэлектриках, вычисление напряженности локального поля (построение Лоренца).

21. Неполярные диэлектрики.

22. Полярные диэлектрики.

23. Энергия электростатического поля в диэлектриках.

24. Преобразования энергии, связанные с поляризацией диэлектрика.

25. Силы действующие на диэлектрик в электрическом поле.

26. Твердотельные диэлектрики. Пьезоэффект (прямой и обратный). Пироэлектричество.

28. Электрическое поле внутри проводника. Плотность тока. Закон Ома. Потенциал поля внутри проводника с током. Закон Джоуля-Ленца.

29. Сторонние электродвижущие силы. Закон Ома для полной цепи. Правила Кирхгофа для цепей постоянного тока.

38. Развитие представлений о магнетизме. Вектор индукции магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон Ампера.

39. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции (интегральная и дифференциальная форма). Теорема о потоке вектора магнитной индукции (интегральная и дифференциальная форма).

40. Векторный потенциал: определение, калибровка, уравнение для векторного потенциала, векторный потенциал поля объемных и прямолинейных токов.

41. Магнитное поле элементарного контура с током. Понятие магнитного момента.

42. Сила и момент силы, действующие на магнитный момент в магнитном поле.

43. Магнитное поле в веществе: механизмы намагничивания, понятие намагниченности вещества, объемные и поверхностные молекулярные токи, теорема о циркуляции вектора намагниченности.

44. Напряженность магнитного поля, граничные условия для магнитного поля.

45. Диамагнетизм: ларморова прецессия, диамагнитная восприимчивость.

46. Парамагнетизм.

47. Ферромагнетизм: основные свойства ферромагнетиков, обменное взаимодействие, закон Кури-Вейса. Антиферромагнетизм.

48. Индукция тока в движущихся проводниках. Закон электромагнитной индукции в интегральной и дифференциальной формах. Вихревое электрическое поле.

49. Понятие об индуктивности и взаимной индукции. Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля.

50. Ток смещения. Система уравнений Максвелла.

51. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга.

54. Последовательный колебательный контур.

6) Критерии оценивания компетенций (результатов):

Оценка	Критерии оценки
Отлично	Студент должен:

36–40	<ul style="list-style-type: none"> – продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; – исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; – правильно формулировать определения; – продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; – уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30–35	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; – продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; – продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; – уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 24–29	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – продемонстрировать общее знание изучаемого материала; – показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; – уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 23 и меньше	<p>Студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> – незнание значительной части программного материала; – не владение понятийным аппаратом дисциплины; – существенные ошибки при изложении учебного материала; – неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; – неумение делать выводы по излагаемому материалу.

в) Описание шкалы оценивания:

Рейтинговый балл по дисциплине за экзамен	Оценка по 5-балльной системе
36 – 40	Отлично
30 – 35	Хорошо
24 – 29	Удовлетворительно
<23	Неудовлетворительно

6.2.2. а) Коллоквиум, типовые вопросы - образец:

Раздел «Электричество»

1. Поле неподвижных зарядов. Закон Кулона. Напряженность электрического поля.
2. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля.
3. Потенциал. Энергия взаимодействия системы зарядов.
4. Дивергенция вектора напряженности электрического поля.
5. Работа сил электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электрического поля.
6. Электроемкость. Конденсатор. Емкость плоского конденсатора.
7. Электрический диполь. Поле диполя. Момент сил, действующих на диполь. Энергия диполя во внешнем электрическом поле.
8. Электроемкость. Емкость сферического и цилиндрического конденсаторов.
9. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризумость молекул. Вектор поляризации.
10. Электроемкость. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.
11. Поляризация диэлектрика. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрического смещения
12. Проводники во внешнем электрическом поле. Условия равновесия зарядов в проводнике. Поле вблизи поверхности и внутри проводника.
13. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса.
14. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника.

15. Условия на границе двух диэлектриков
16. Дивергенция вектора электрического смещения.
17. Условия на границе двух диэлектриков.
18. Закон Ома. Закон Ома в дифференциальной форме.
19. Поле заряженных одной и двух плоскостей.
20. Поле неподвижных зарядов. Закон Кулона. Напряженность электрического поля.
21. Электрический диполь. Поле диполя.
22. Поле заряженных одной и двух плоскостей.
23. Работа сил электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электрического поля.
24. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля.
25. Момент сил, действующих на диполь. Энергия диполя во внешнем электрическом поле.
26. Поле заряженных одной и двух плоскостей.
27. Условия на границе двух диэлектриков.
28. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника.
29. Поле заряженных одной и двух плоскостей.
30. Поле неподвижных зарядов. Закон Кулона. Напряженность электрического поляч.
31. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса.
32. Электроемкость. Емкость сферического и цилиндрического конденсаторов.
33. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризумость молекул. Вектор поляризации.
34. Электроемкость. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов.
35. Поле заряженных цилиндрических и сферических поверхностей.
36. Дивергенция вектора электрического смещения.
37. Дивергенция вектора напряженности электрического поля.
38. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника.
39. Проводники во внешнем электрическом поле. Условия равновесия зарядов в проводнике.
Поле вблизи поверхности и внутри проводника.
40. Дивергенция вектора напряженности электрического поля.
41. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника.
42. Связь между вектором поляризации и поверхностной плотностью связанных зарядов.
43. Терема Гаусса для вектора напряженности электрического поля.
44. Работа сил электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электрического поля.
45. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля.

6) Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

Описание шкалы оценивания

Отметка «отлично» (в баллах от 27 до 30) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

Отметка «хорошо» (в баллах от 22 до 26) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

Отметка «удовлетворительно» (в баллах от 18 до 21) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и

привести свои примеры;

– на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

Отметка «неудовлетворительно» (в баллах от 0 до 17) ставится, если:

– при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;

– материал излагается неуверенно, беспорядочно;

– даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

в) Описание шкалы оценивания:

Рейтинговый балл по дисциплине за коллоквиум	Оценка по 5-балльной системе
27 – 30	Отлично
22 – 26	Хорошо
18 – 21	Удовлетворительно
<17	Неудовлетворительно

6.2.3. а) Контрольные работы, типовые задания:

Контрольная работа № 3, типовые задачи - образец:

1. Два прямолинейных длинных проводника расположены параллельно друг другу на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. По проводникам текут токи $I_1 = 5$ А и $I_2 = 5$ А в противоположных направлениях. Найдите числовое значение и направление вектора индукции B магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = r_2 = 10$ см от каждого проводника.
2. Электрон, имеющий скорость $v = 8 \cdot 10^8$ см/с, влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 3,14 \cdot 10^{-2}$ Тл под углом $\alpha = 30^\circ$ к вектору B . Определите радиус R и шаг h винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.
3. Альфа-частица прошла ускоряющую разность потенциалов ($U=14$ В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ($E=10$ кВ/м) и магнитное ($B=0,1$ Тл) поля. Найти отношение заряда альфа-частицы к ее массе, если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.
4. В однородном магнитном поле, индукция которого $B = 5$ Тл, вращается стержень длиной = 1 м с постоянной угловой скоростью $\omega = 20$ рад/с. Ось вращения перпендикулярна стержню, проходит через его конец и параллельна силовым линиям магнитного поля. Найдите разность потенциалов ($\phi_0 - \phi_s$), возникающую между концами стержня.
5. В однородном магнитостатическом поле с индукцией $B = 0,1$ Тл равномерно вращается рамка, содержащая $N = 1000$ витков, с частотой $n = 10$ Гц. Площадь рамки равна $S = 150$ см². Определите мгновенное значение ЭДС индукции $i \varepsilon$, соответствующее углу поворота рамки $\alpha = 30^\circ$, где α – угол между векторами B и n , а также максимальное и среднее значения ЭДС за минимальное время τ , в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения.
6. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного прямого провода, в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии $r_0 = 20$ см от середины его. Сила тока I , текущего по проводу, равна 30 А, длина l отрезка равна 60 см.
7. По проводнику, согнутому в виде квадратной рамки со стороной длиной $a = 10$ см, течет ток силой $I = 5$ А. Определить магнитную индукцию B поля в точке, равноудаленной от вершин квадрата на расстояние, равное длине его стороны.
8. Найти магнитную индукцию в центре тонкого кольца, по которому идет ток силой $I = 10$ А. Радиус R кольца равен 5 см.
9. По обмотке очень короткой катушки радиусом $R = 16$ см течет ток силой $I = 5$ А. Сколько витков N проволоки намотано на катушку, если напряженность H магнитного поля в ее центре равна 800 А/м?
10. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток силой $I = 50$ А. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на расстояние $r = 5$ см от проводника.

11. Два длинных параллельных привода находятся на расстоянии $r = 5$ см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи силой $I = 10$ А каждый. Найти напряженность H магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 2$ см от одного и $r_2 = 3$ см от другого провода.
12. Расстояние d между двумя длинными параллельными проводами равно 5 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи силой $I = 30$ А каждый. Найти напряженность H магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 4$ см от одного и $r_2 = 3$ см от другого провода.
13. На расстоянии $r=10$ нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции $B=160$ мкТл. Определить скорость v электрона.
14. На проволочный виток радиусом $r= 10$ см, помещенный между полюсами магнита, действует максимальный механический момент $M_{max} = 6.5$ мкН. Сила тока I в витке равна 2 А. Определить магнитную индукцию B поля между полюсами магнита. Действием магнитного поля Земли пренебречь.
15. По тонкому проводу в виде кольца радиусом $R = 20$ см течет ток силой $I = 100$ А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией $B = 20$ мТл. Найти силу F , растягивающую кольцо.
16. По двум параллельным прямым проводам длиной $l = 2,5$ м каждый, находящимся на расстоянии $d = 20$ см друг от друга, текут одинаковые токи силой $I = 1$ кА. Вычислить силу взаимодействия токов.

6) Критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерий оценки
Отлично 36–40	Студент должен: — продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; — исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; — правильно формулировать определения; — продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; — уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30–35	Студент должен: — продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; — продемонстрировать знание основных теоретических понятий; — достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; — продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; — уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 24–29	Студент должен: — продемонстрировать общее знание изучаемого материала; — показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; — уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; — знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 23 и меньше	Студент демонстрирует: — незнание значительной части программного материала; — не владение понятийным аппаратом дисциплины; — существенные ошибки при изложении учебного материала; — неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; — неумение делать выводы по излагаемому материалу.

в) Описание шкалы оценивания:

Рейтинговый балл по дисциплине за контрольную	Оценка по 5-балльной системе
27 – 30	Отлично
22 – 26	Хорошо
18 – 21	Удовлетворительно
<17	Неудовлетворительно

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая оценка 60 баллов максимально за работу в семестре и 40 баллов максимально на экзамене.

За работу в семестре можно получить 30 баллов за коллоквиум и 30 баллов за контрольную работу.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
<i>3 семестр</i>			
Текущий	Контрольная точка № 1		
	коллоквиум	18	30
	Контрольная точка № 2		
Промежуточный	Контрольная работа	18	30
	Экзамен	24	40
	Билеты		
ИТОГО по дисциплине		60	100
Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум

Шкала пересчета итогового рейтингового балла в оценку по 5-балльной системе

Итоговый рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
90 - 100	Отлично
75 – 89	Хорошо
60 – 74	Удовлетворительно
<60	Неудовлетворительно

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

a) основная учебная литература:

1. И.В.Савельев. Курс общей физики. Учебное пособие для студентов вузов: в 4 т.- М.:КноРус. Т.1. Механика, молекулярная физика и термодинамика. (2009, 2012) -13 экз.
2. И.В.Савельев. Курс общей физики. Учебное пособие для студентов вузов: в 4 т.- М.:КноРус. Т.2. Электричество и магнетизм. (2006, 2012) -20 экз.

3. И.В.Савельев. Курс общей физики.Учебное пособие для студентов вузов: в 4 т.- М.:КноРус. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. (2009)-2 экз.
4. И.Е.Иродов. Механика. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2005, 2006, 2010, 2013. 2014), ЭБС Лань - 2, 50,8 экз., <http://e.lanbook.com>
5. И.Е.Иродов. Электромагнетизм. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2012), ЭБС Лань - 50 экз., <http://e.lanbook.com>
6. И.Е.Иродов. Волновые процессы. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2013), ЭБС Лань – 30 экз., <http://e.lanbook.com>
7. И.Е.Иродов. Квантовая физика. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2007, 2013), ЭБС Лань - 1, 1 экз., <http://e.lanbook.com>
8. И.Е.Иродов. Задачи по общей физике. Учебное пособие для вузов.- М.:Бином. Лаборатория знаний (2012, 2014), ЭБС Лань - 9, 2 экз., <http://e.lanbook.com>

б) дополнительная учебная литература:

1. И.В.Савельев. Курс общей физики. **Книга 1.** М, АСТ, 2002 ;**Книга 2.** М, АСТ, 2002., **Книга 3.** М, АСТ, 2003., **Книга 4.** М, АСТ, 2002., **Книга 5.** М, АСТ, 2001 - 200, 200, 200, 200, 200 экз
2. И.Е.Иродов. Задачи по общей физике. Учебное пособие для вузов.- СПб:Лань (2005, 2007, 2009), ЭБС Лань - 21, 5, 2 экз., <http://e.lanbook.com>
3. Иродов И.Е. Основные законы механики –М.:ВШ, 1997 , ЭБС Лань – 500 экз., <http://e.lanbook.com>
4. И.Е.Иродов. Физика макросистем. Основные законы. -М.: Бином.Лаборатория знаний (2004, 2009), ЭБС Лань - 3, 1 экз., <http://e.lanbook.com>
5. Росткова Т.Б., Рухляда Н.Я.Применение основных законов механики к решению физических задач.– Обнинск: ИАТЭ, 2002. – 76 с.– 100 экз.
6. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 2012. – 352 с.
7. Кириченко Н.А. Термодинамика, статистическая и молекулярная физика. – М.: Физматкнига, 2005. – 176 с.
8. Трофимова Т.И. Курс физики.- М.: Высшая школа, 2000.
9. Стрелков С.П. Механика. – М.: ,
10. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1977.– Вып. 1-10.
11. Суханов А.Д. Фундаментальный курс физики. – М.:«Агар», 1996.– Т.–1.– 536 с.
12. Сборник задач по общему курсу физики. Учебное пособие для вузов. Ч.1. Механика. Термодинамика и молекулярная физика / Под ред. В.А.Овчинкина. – М.: Изд. МФТИ, 2002. – 448 с.
13. Липсон Г. Великие эксперименты физики . М.: Мир, 1972. – 215 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

Интернет – сайт «В помощь студентам, изучающим физику» (<http://www.iatephysics.narod.ru>)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Контрольная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

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

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций
2. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
3. Интерактивное общение с помощью э/почты или Skype.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Аудиторный фонд института
2. Учебная лаборатория "Электричество и магнетизм"
3. Учебная лаборатория "Оптика и атомная физика".
4. Компьютерный класс каф. ОиСФ

5. Библиотечный фонд института

12. Иные сведения и (или) материалы

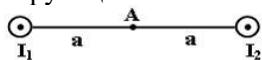
12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Часов в интерактивной форме – 40.

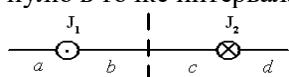
12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки

Третий семестр

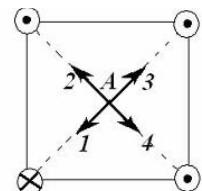
1. Магнитное поле создано двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Если $I_1 = 2I_2$, то вектор индукции результирующего поля в точке A направлен



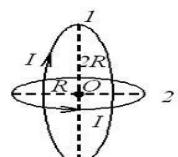
2. На рисунке изображены сечения двух параллельных прямолинейных длинных проводников с противоположно направленными токами, причем $I_1 = 2I_2$. Индукция результирующего магнитного поля равна нулю в точке интервала



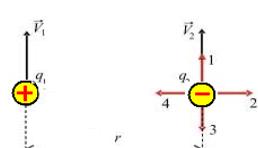
3. На рисунке изображены сечения четырех параллельных прямолинейных длинных проводников, расположенных в вершинах квадрата. Для всех приведенных случаев указать направление вектора магнитной индукции \mathbf{B} результирующего магнитного поля в точке A , расположенной в центре квадрата.



4. Два круговых витка расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях так, что их центры совпадают. Индукция магнитного поля, создаваемого малым витком в точке О равна 0.2 Тл. Найти индукцию результирующего магнитного поля в этой точке.



5. Два заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу на расстоянии r друг от друга. Указать направление магнитной составляющей силы, действующей на второй заряд со стороны первого заряда.



6. Две одинаковые радиомачты, удаленные друг от друга на расстояние $d = 400$ м, работают синфазно на частоте $v = 1.5$ МГц. В каких направлениях будут наблюдаться максимумы излучения?

7. Сила тока в проводящем круговом контуре с индуктивностью 0.1 Гн зависит от времени по закону $I = 2 + 0.3t$ А. Найти абсолютную величину ЭДС самоиндукции.

8. Чему равна напряженность электрического поля E , сообщающего электрону ускорение $a = 9.8$ $\text{м}/\text{с}^2$.

9. Заряженная частица, влетевшая в постоянное однородное магнитное поле перпендикулярно

силовыми линиями, движется в нем по установившейся траектории. В некоторый момент индукция поля начинает увеличиваться. В результате модуль скорости частицы

10. Оценить отношение электрической и магнитной сил F_e/F_m , действующих на заряд в поле волны. Скорость заряда $v \ll c$.

11. Частица, имеющая заряд q и массу m , движется в однородном магнитном поле индукции \mathbf{B} . Скорость частицы \mathbf{v} перпендикулярна \mathbf{B} . Найти радиус окружности R , по которой движется частица в релятивистском случае.

12. Частица, имеющая заряд q и массу m , движется в однородном магнитном поле индукции \mathbf{B} . Скорость частицы \mathbf{v} перпендикулярна \mathbf{B} . Найти период T ее обращения в релятивистском случае.

12.3. Краткий терминологический словарь

Электромагнетизм

Вектором Умова-Пойнтинга называется вектор \mathbf{P} плотности потока электромагнитной энергии, переносимой электромагнитной волной. Модуль этого вектора равен энергии, переносимой волной в одну секунду через площадку 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Направлен вектор \mathbf{P} в сторону распространения волны.

Вихревые электрические токи - индукционные токи, возникающие в сплошных проводниках, находящихся в переменном магнитном поле. Иногда с ними борются для уменьшения потерь (например, сердечники трансформаторов набирают из отдельных пластин), а иногда используют в металлургии и машиностроении (индукционные печи для плавки металлов, закалки стали, сварки и пр.).

Гальванический элемент - источник электрического тока, который при разряде выделяет электрическую энергию за счет протекания электрохимических реакций. Принцип действия гальванического элемента основан на явлении взаимодействия металла с электролитом, приводящем к возникновению в замкнутой цепи электрического тока. ЭДС гальванического элемента зависит от материала электродов и состава электролита.

Диамагнетизмом называется свойство веществ (диамагнетиков) намагничиваться навстречу силовым линиям действующего на него внешнего магнитного поля. С точки зрения электронной теории диамагнетизм объясняется законом электромагнитной индукции и правилом Ленца. Диамагнетики – слабомагнитные вещества. Диамагнетизм – универсальное свойство всех веществ, однако в ряде случаев оно перекрывается болееенным паро- и ферромагнетизмом.

Диэлектрик - вещество, обладающее низкой удельной электрической проводимостью. Идеальный диэлектрик вообще не проводит ток, его проводимость равна нулю. К диэлектрикам относятся пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, электреты и др.

Поляризация P (электрический дипольный момент единицы объема) прямо пропорциональна напряженности электрического поля E : $P = \kappa\epsilon_0 E$. Коэффициент пропорциональности κ есть диэлектрическая восприимчивость. Здесь ϵ_0 – электрическая постоянная.

Диэлектрическая проницаемость ϵ показывает, во сколько раз напряженность электростатического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме. Для характеристики поля в диэлектрике вводят вспомогательную величину – электрическое смещение: $D = \epsilon_0 \epsilon E$.

Доменами называют области спонтанной (самопроизвольной) намагниченности в ферромагнетике. Размеры доменов порядка 1 мкм. См. также Ферромагнетизм.

Дугой называется разряд в газе, происходящий при атмосферном давлении и сопровождающийся очень высокой температурой. При этом напряжение на электродах составляет 30-40 В, а ток – десятки или сотни ампер. Одно из важнейших применений дуги – дуговая сварка и резка металлов.

Закон Ампера устанавливает связь силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, с силой тока и индукцией магнитного поля: $dF = I B dl \sin\alpha$, где I – сила тока, B – индукция магнитного поля, dl – длина элементарного участка проводника. Направление вектора dF

определяется с помощью правила левой руки.

Закон Био-Савара-Лапласа позволяет рассчитать напряженность магнитного поля тока любой конфигурации путем интегрирования выражения: $dH = I[dl, r]/4\pi r^3$, где dH – напряженность магнитного поля, создаваемого элементом тока dl , r – радиус-вектор, проведенный от элемента тока в точку, в которой рассчитывается напряженность поля.

Закон Кулона - основной закон электростатики, выражающий зависимость силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов от расстояния между ними. Два неподвижных точечных заряда взаимодействуют с силой прямо пропорциональной произведению величин этих зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними и зависящей от диэлектрической проницаемости среды, в которой находятся заряды (Кулон, 1785). Закон Кулона подтверждается опытом вплоть до расстояний порядка 10^{-15} м (размеры ядра атома).

Закон Джоуля-Ленца позволяет найти количество теплоты, выделяющееся в проводнике при протекании электрического тока: количество теплоты прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени протекания тока.

Закон Ома для участка цепи связывает силу тока с разностью потенциалов на концах проводника и сопротивлением проводника: $I = (\phi_1 - \phi_2)/R$. Закон Ома для замкнутой (полной) цепи связывает электродвижущую силу источника с полным сопротивлением цепи: $I = E/(R_h + R_0)$. Здесь R_h и R_0 – соответственно сопротивление нагрузки и внутреннее сопротивление источника.

Закон, связывающий циркуляцию вектора напряженности магнитного поля с током, охватываемым контуром интегрирования. В обобщенном виде закон полного тока входит в систему уравнений Максвелла.

Закон сохранения электрического заряда - физический закон, в соответствии с которым в замкнутой системе взаимодействующих тел алгебраическая сумма электрических зарядов (полный электрический заряд) остается неизменной при всех взаимодействиях.

Закон электромагнитной индукции - ЭДС индукции в замкнутом контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром. Электронный механизм закона электромагнитной индукции состоит в том, что переменное магнитное поле порождает (индуцирует) вихревое электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями. Открыт Фарадеем (1831). В обобщенном виде закон входит в систему уравнений Максвелла.

Зонная теория твердого тела – квантовая теория энергетического спектра электронов в кристалле. Согласно зонной теории этот спектр состоит из чередующихся зон (полос) разрешенных и запрещенных энергий. Зонная теория хорошо объясняет ряд явлений, в частности разный механизм электропроводности металлов, дизлектриков и полупроводников.

Индуктивность - физическая величина, характеризующая связь между скоростью изменения тока в проводнике (катушке) и возникающей при этом ЭДС самоиндукции. Индуктивность проводника (катушки) зависит от его размеров и формы, числа витков, а также от материала магнитопровода. Единицей индуктивности в СИ является 1 Генри.

Индукционный ток - электрический ток, возникающий в замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции, пронизывающего этот контур. Величина и направление индукционного тока определяются законом электромагнитной индукции и законом Ома.

Индукция магнитного поля B – векторная величина, измеряемая отношением максимального вращающего момента, действующего на небольшой контур с током в магнитном поле к магнитному моменту этого контура. Направление вектора B совпадает с направлением нормали к контуру в состоянии равновесия.

Источник тока - источник электрической энергии, в котором действуют сторонние силы, разделяющие электрические заряды. Источник тока характеризуется электродвижущей силой и внутренним сопротивлением. Источниками тока являются гальванические элементы, аккумуляторы, машины постоянного тока и др.

Классическая электродинамика - раздел электродинамики, рассматривающий изменяющееся или стационарное электромагнитное поле в неподвижной системе отсчета.

Основу классической электродинамики составляют уравнения Максвелла.

Квантовая электродинамика - квантовая теория электромагнитного поля. Изучает взаимодействие поля с заряженными частицами.

Колебательным контуром называется цепь, состоящая из параллельно включенных катушки индуктивности и конденсатора. При разряде конденсатора на катушку в контуре возникают электромагнитные колебания, частота которых зависит от емкости и индуктивности контура.

Конденсатор - элемент электрической цепи, предназначенный для использования его в различных электро- и радиотехнических схемах. Конденсатор состоит из двух или проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика. Толщина диэлектрика обычно мала по сравнению с размерами проводников. В зависимости от формы обкладок конденсаторы бывают плоские, цилиндрические, сферические и др. По типу диэлектрика различают воздушные, бумажные, слюдяные, керамические и др. конденсаторы.

Контактной разностью потенциалов называется разность потенциалов, возникающая при контакте двух разнородных металлов. Открыл явление итальянский ученый Вольта (1797).

Коэффициентом электропроводности называется величина обратная удельному сопротивлению.

Магнитной восприимчивостью называется коэффициент пропорциональности χ в выражении: $J = \chi H$, где J – намагниченность, H – напряженность магнитного поля. Для диамагнетиков $\chi < 0$, для парамагнетиков $\chi > 0$. Для ферромагнетиков $\chi \gg 0$. См. также Магнитная проницаемость.

Магнитной постоянной называется размерный множитель $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, входящий в некоторые формулы электромагнетизма (например, в формулу $B = \mu_0 \mu H$), записанные в системе единиц СИ.

Магнитной проницаемостью μ называется величина, показывающая, во сколько раз индукция магнита поля в магнетике больше индукции в вакууме. Можно показать, что $\mu = 1 + \chi$, где χ – магнитная восприимчивость.

Магнитное поле – одна из сторон единого электромагнитного поля. Магнитное поле создается движущимися зарядами (током проводимости) и переменным электрическим полем (током смещения). Действует магнитное поле только на движущиеся заряды.

Магнитным моментом называется векторная величина, модуль которой равен произведению силы электрического тока в контуре на площадь обтекаемую этим током. Направление магнитного момента связано с направлением тока правилом буравчика.

Магнитный поток (или поток вектора B) – это поток Φ_B вектора магнитной индукции через какую-либо поверхность. В случае однородного магнитного поля и плоской поверхности $\Phi_B = BS \cos \alpha$, где B – индукция магнитного поля, S – площадь поверхности, α – угол между вектором B и нормалью к поверхности.

К металлам относятся вещества, имеющие свободные электроны, т. е. валентные электроны, оторвавшиеся от своих атомов и принадлежащие всему коллективу атомов металла (коллективизированные электроны). С точки зрения зонной теории твердого тела признаком металла является наличие не полностью заполненной зоны, которая носит название зоны проводимости.

Намагниченностью называется магнитный момент единицы объема магнетика.

Напряжение – то же самое, что и разность потенциалов.

Напряженностью магнитного поля называется вспомогательная величина, характеризующая магнитное поле макротоков.

Напряженность электрического поля – силовая характеристика поля, измеряется отношением силы, действующей на положительный пробный заряд, к значению этого заряда.

Эйхенвальд обнаружил магнитное поле тока смещения: магнитная стрелка, находящаяся вблизи плоского заряженного конденсатора, отклонялась от своего первоначального направления при разряде конденсатора. Ср.: Опыт Эрстеда.

Эрстед обнаружил магнитное поле тока проводимости: магнитная стрелка, расположенная вблизи проводника с током, при включении тока отклонялась от направления магнитного меридиана.

Парамагнетизмом называется свойство веществ (парамагнетиков) намагничиваться в направлении силовых линий внешнего магнитного поля. Атомы парамагнетиков имеют отличный от нуля магнитный момент и ведут себя в магнитном поле подобно микроскопическим магнитным стрелкам.

p-n-переходом называется область вблизи контакта двух полупроводников с разным типом проводимости. Вследствие рекомбинации дырок и электронов вблизи контакта образуется область, обедненная носителями тока и называемая запирающим слоем. Поскольку p-n-переход обладает односторонней проводимостью, то он используется для выпрямления переменного тока низкой частоты и детектирования радиосигналов.

Поляризацией диэлектрика называется процесс смещения связанных зарядов диэлектрика в электрическом поле. В результате поляризации грани диэлектрической пластины, помещенной в электрическое поле, оказываются заряженными зарядами противоположного знака.

Полярными называются молекулы, у которых «центры тяжести» положительного и отрицательного зарядов не совпадают. Такая молекула по своим свойствам подобна электрическому диполю и характеризуется электрическим дипольным моментом. Примеры полярных молекул: H_2O , NH_3 , HCl и др.

Потенциал электростатического поля - энергетическая характеристика поля. Определяется как величина, измеряемая работой сил поля по переносу единичного положительно заряда из данной точки в другую, фиксированную точку. В качестве фиксированной часто берут бесконечно удаленную точку. Другими словами, потенциал электростатического поля равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в эту точку. Единица потенциала в СИ 1 Вольт.

Правило Ленца - правило, определяющее направление индукционных токов, возникающих при электромагнитной индукции. Согласно правилу Ленца индукционный ток всегда имеет такое направление, что его собственный магнитный поток компенсирует изменения внешнего магнитного потока, вызвавшего этот ток. Правило Ленца есть следствие закона сохранения энергии. Э.Х.Ленц (1804-1865) - русский физик.

Полупроводниками называется класс веществ, занимающих по своей способности проводить электрический ток промежуточное положение между металлами и диэлектриками. С точки зрения зонной теории твердого тела вещество относится к полупроводникам, если ширина запрещенной зоны, отделяющей валентную зону от зоны проводимости, меньше 2 эВ.

Поляризуемостью молекулы называется величина, характеризующая «смещаемость» электронной оболочки под действием электрического поля. Электрический дипольный момент p , индуцируемый полем, пропорционален напряженности поля E : $p = \alpha\epsilon_0 E$. Коэффициент пропорциональности α и есть поляризуемость.

Постоянным называется электрический ток, не меняющийся с течением времени. В случае постоянного тока при определении силы тока $I = \Delta q / \Delta t$ можно брать любой промежуток времени Δt .

Поток Фа вектора напряженности электрического поля через какую-либо поверхность. В случае однородного поля и плоской поверхности $\Phi_E = ES \cos\alpha$, где E – напряженность электростатического поля, S – площадь поверхности, α – угол между вектором E и нормалью к поверхности. Ср. Магнитный поток.

Правила Кирхгофа применяются для расчета сложных (разветвленных) цепей постоянного тока. Метод комплексных токов позволяет распространить эти правила для расчета цепей переменного тока.

Проводниками называются вещества, содержащие в достаточной концентрации свободные заряды. К проводникам относятся металлы, ионизированные газы, водные растворы электролитов и расплавы солей. В электрическом поле свободные заряды перераспределяются так, что напряженность электрического поля внутри проводника оказывается равна нулю, а потенциал проводника всюду одинаков.

Релятивистская электродинамика - раздел электродинамики, изучающий электромагнитные явления в движущихся средах, опираясь на инвариантность заряда в различных системах отсчета и инвариантность основных законов относительно преобразований

Лоренца.

Самоиндукция - явление возникновения электродвижущей силы в проводнике (катушке) при изменении протекающего в ней электрического тока. Величина и знак ЭДС самоиндукции определяются законом электромагнитной индукции.

Явление сверхпроводимости открыл голландский физик Камерлинг-Оннес (1911): сопротивление ртути при температуре, близкой к абсолютному нулю, скачком уменьшалось до нуля. В дальнейшем сверхпроводимость была обнаружена и у других металлов и сплавов (свинец, олово, железо и др.). Сверхпроводимость, как и электрическое сопротивление, объясняется взаимодействием коллективизированных электронов металла с кристаллической решеткой. В 1986 году обнаружена высокотемпературная сверхпроводимость, теория которой находится в стадии разработки.

Силой Лоренца называется сила, действующая на заряд в электрическом и магнитном поле (электрическая и магнитная сила Лоренца): $F = q\{E + [v, B]\}$. Первое слагаемое в последнем выражении называется электрической, а второе – магнитной силой Лоренца.

Силой тока называется величина, измеряемая зарядом, протекающим через поперечное сечение проводника в одну секунду. Единица силы тока в СИ: 1 Ампер – четвертая основная единица этой системы (наряду с метром, килограммом и секундой).

Соленоидом называется катушка цилиндрической формы.

Стационарным называется электрическое поле, существующее в проводнике с током и обусловливающее перенос энергии в цепях постоянного тока. Заряды при протекании тока непрерывно перемещаются, но распределение их остается неизменным. Поэтому стационарное поле, подобно электростатическому, является потенциальным.

Сторонняя сила - сила неэлектростатической природы, вызывающая перемещение положительных электрических зарядов внутри источника постоянного тока от точки с низким к точке с высоким потенциалом (отрицательных – от точки с высоким к токе с низким потенциалом). Сторонними считаются все силы отличные от кулоновских сил. Удельная работа сторонних сил (работа по переносу единичного заряда) называется электродвижущей силой источника тока.

Теорема Гаусса-Остроградского связывает суммарный электрический заряд, находящийся внутри замкнутой поверхности, с потоком вектора напряженности электростатического поля через эту поверхность: $\Phi_E = \Sigma q/\epsilon_0 \epsilon$. В обобщенном виде эта теорема входит в систему уравнений Максвелла.

Термоэлектронная эмиссия – испускание электронов металлами, нагретыми до высокой температуры.

Тлеющий разряд – разряд, возникающий в разрядной трубке, наполненной газом при низком давлении (около 0,1 мм рт. ст.), при напряжении порядка нескольких тысяч вольт. Применяется, в частности, в лампах дневного света.

Токами Фуко называются индукционные токи, возникающие в массивном проводнике, помещенном в переменное магнитное поле.

Током проводимости называется электрический ток, обусловленный движением заряженных частиц.

Понятие «ток смещения» ввел Максвелл. По Максвеллу ток смещения - это переменное электрическое поле, порождающее, наряду с током проводимости (движущимися зарядами), магнитное поле. Таким образом, источником магнитного поля может быть ток смещения и ток проводимости.

Тороидом называется катушка, имеющая форму бублика.

Точечный электрический заряд – заряженное тело, размерами которого можно пренебречь в условиях конкретной задачи.

Транзисторы – полупроводниковые триоды. Предложены в США (1948). Применяются для усиления и генерации электрических колебаний. По сравнению с вакуумными триодами обладают рядом ценных преимуществ (малый вес и габариты, прочность, отсутствие накальных цепей, высокий к. п. д., большой срок службы).

Удельное сопротивление величина, характеризующая способность вещества проводить электрический ток, и численно равная сопротивлению проводника длиною в 1 метр и площадью

поперечного сечения 1 м^2 . Удельное сопротивление зависит от температуры. У металлов оно растет с ростом температуры, у полупроводников и водных растворов электролитов – уменьшается.

Уравнения Максвелла – уравнения, устанавливающие связь между напряженностями электрического и магнитного полей и распределением в пространстве электрических зарядов и токов. Уравнения Максвелла описывают электромагнитные явления в различных средах и в вакууме. Уравнения не доказываются и не выводятся в математическом смысле, а являются обобщением опыта. Все законы электромагнетизма есть следствия этих уравнений. Из уравнений Максвелла вытекает существование электромагнитных волн.

Ферромагнетизмом называется свойство некоторых веществ (ферромагнетиков) спонтанно намагничиваться. Магнитные моменты атомов ферромагнетика в пределах микроскопических областей (доменов) спонтанно ориентируются параллельно друг другу. Процесс намагничивания можно рассматривать как процесс ориентации магнитных моментов доменов вдоль силовых линий магнитного поля. При выключении магнитного поля ферромагнетик остается намагниченным (остаточная намагниченность). Ферромагнетизм наблюдается только при условии, что температура не превышает так называемую температуру (или точку) Кюри. Самые известные ферромагнетики – железо, кобальт и никель.

Электрет – диэлектрик, способный длительное время находиться в наэлектризованном состоянии после снятия внешнего воздействия, вызвавшего поляризацию. Электрет создает в окружающем пространстве электростатическое поле за счет предварительной электризации или остаточной поляризации. Обычно электреты образуются путем нагревания диэлектриков до температуры, близкой к температуре их плавления, и последующего охлаждения в сильном внешнем электрическом поле.

Электрическая емкость (электроемкость) проводника – скалярная величина, характеризующая способность проводника накапливать электрический заряд, и равная отношению заряда проводника к его потенциалу (в предположении, что все другие проводники бесконечно удалены и что потенциал бесконечно удаленной точки принят равным нулю). Единицей электрической емкости проводника в СИ является 1 Фарад.

Электрической постоянной называется размерный множитель $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/\text{Н}\cdot\text{м}^2$, входящий в некоторые формулы электромагнетизма (например, в закон Кулона), записанные в системе единиц СИ.

Электрический диполь – система двух точечных зарядов одинаковых по абсолютной величине и противоположных по знаку, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. На диполь, находящийся в электрическом поле, действует пара сил, стремящихся установить его вдоль силовых линий. Молекулы многих веществ по своим свойствам подобны электрическому диполю.

Электрический заряд – физическая величина, характеризующая свойство тел или частиц вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая значения сил и энергий при таких взаимодействиях. Электрическим зарядам приписываются положительный или отрицательный знак. Единица заряда в системе СИ – 1 Кл (кулон).

Электрическим смещением называется вспомогательная векторная величина $D = \epsilon_0 \epsilon E$ (где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость, ϵ_0 – электрическая постоянная, E – напряженность электрического поля), применяемая для описания электрического поля в диэлектрике.

Электродвижущая сила – характеристика источника энергии в электрической цепи. Электродвижущая сила измеряется отношением работы сторонних сил по перемещению заряда вдоль цепи к значению этого заряда. Можно сказать, что ЭДС есть удельная работа сторонних сил. ЭДС, как и потенциал, измеряется в вольтах.

Электродинамика – раздел физики, изучающий свойства электромагнитного поля и его взаимодействие с зарядами, связь электрических и магнитных явлений, а также электрический ток. Различают классическую, релятивистскую и квантовую электродинамики. Основой классической электродинамики являются уравнения Максвелла.

Электролитической диссоциацией называется распад молекул кислот, щелочей и солей в водном растворе на противоположно заряженные ионы. Положительные ионы называются

катионами, отрицательные – анионами. Причина диссоциации – воздействие полярных молекул воды.

Электролитами называются вещества (соли, кислоты, основания), водные растворы которых проводят электрический ток. Молекулы электролитов под действием полярных молекул воды диссоциируют – распадаются на противоположно заряженные ионы.

Электромагнитная индукция – явление возникновения ЭДС в проводнике при его движении в магнитном поле; или при изменении окружающего его магнитного поля. При этом в замкнутом проводящем контуре, помещенном в переменное магнитное поле, возникает индукционный ток. См. также Закон электромагнитной индукции.

Электромагнитное взаимодействие – это взаимодействие заряженных тел. Характер электромагнитного взаимодействия зависит от выбора системы отсчета. В некоторых системах отсчета магнитная компонента электромагнитного взаимодействия не наблюдается и наблюдается электрическое взаимодействие, в других, наоборот, маскируется электрическое, а наблюдается только магнитное взаимодействие.

Электромагнитное поле – особая форма существования материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между покоящимися или движущимися электрическими зарядами.

Электромагнитная волна – это свободное (оторвавшееся от токов и зарядов) переменное электромагнитное поле. Существование электромагнитных волн вытекает из *уравнений Максвелла*. Переменные электрическое и магнитное поле могут отрываться от породивших их токов и зарядов и, поддерживая друг друга, распространяться в пространстве со скоростью света. Поэтому говорят, что Максвелл предсказал существование электромагнитных волн. Герц получил эти волны экспериментально, а Попов построил первый радиоприемник.

Электронная теория металлов была разработана немецким физиком Друде и развита голландским физиком Лоренцом. Теория основана на перенесении представлений кинетической теории газов на «газ» свободных электронов в металле. Электронная теория позволила вывести законы *Ома* и *Джоуля-Ленца* в металлах, но столкнулась с рядом затруднений, преодолеть которые удалось только квантовой (зонной) теории твердого тела.

Электроны и дырки – носители тока в полупроводниках. Электрон, переходя из валентной зоны в зону проводимости, оставляет в валентной зоне нарушенную валентную связь, по своим свойствам эквивалентную положительному электрическому заряду.

Электростатика – раздел электродинамики, изучающий поле неподвижных зарядов и их взаимодействие. Основу электростатики составляет закон Кулона.

Электростатическая индукция – появление электрических зарядов разного знака на противоположных участках *проводника* или *диэлектрика* в *электростатическом поле*.

Электростатическая защита – защита приборов и оборудования, основанная на том, что напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю. Роль экрана может играть металлический корпус прибора или металлическая сетка с достаточно мелкими ячейками.

Электростатическое поле – электрическое поле неподвижных электрических зарядов. Это частный случай электромагнитного поля. Характеристиками электростатического поля являются напряженность и потенциал.

Элементарный электрический заряд – наименьший положительный или отрицательный электрический заряд, равный по абсолютному значению заряду электрона. Заряд любого тела или частицы есть величина, кратная элементарному заряду. Частицы с дробным зарядом в свободном состоянии не наблюдаются.

Энергия, запасенная в *магнитном поле* катушки, равна $W = LI^2/2$, где I – *сила тока*, L – *индуктивность* катушки (ср. с формулой кинетической энергии!).

Энергия, запасенная в *электрическом поле* *конденсатора*, равна $W = CU^2/2$, где U – *напряжение на конденсаторе*, C – *электроемкость конденсатора*.

Энергия Ферми – энергия электронов, занимающих при абсолютном нуле температуры верхний уровень в зоне проводимости металла. Расчет показывает, что электроны, находящиеся на уровне Ферми, даже при абсолютном нуле обладают огромной кинетической энергией. Но движение электронов при этом носит не тепловой характер. При нормальных условиях вклад теплового движения в общую кинетическую энергию составляет величину не более 1 %. См.

также *Зонная теория*.

Эффектом Холла называется возникновение разности *потенциалов* (электродвижущей силы) между гранями полупроводниковой или металлической пластинки с током при помещении ее в *магнитное поле*. Эффект Холла применяется для определения знака и концентрации носителей тока, а также в измерительной технике (для измерения *индукции магнитного поля*).

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины разработана в отделении биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Рассмотрена на заседании отделения биотехнологий и рекомендована к одобрению Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ (протокол № <u>9/1</u> от « <u>21</u> » <u>04</u> <u>2023</u> г.)	Начальник отделения биотехнологий ИАТЭ НИЯУ МИФИ A.A. Котляров
---	--

