

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Нововоронежский политехнический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕН:
Педагогическим советом
«17» *марта* 2023г., протокол № 550

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

«Общая физика (Электричество и магнетизм)»

Направление подготовки: 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	
1.1. Модели контролируемых компетенций	4
1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования	4
1.3. Основные показатели оценивания компетенций	4
1.4. Перечень оценочных средств	6
2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	8
2.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ	8
2.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	12
2.2.1. Контрольные работы на практическом занятии	12
• Контрольная работа № 1	12
• Контрольная работа № 2	20
2.2.2. Опросы	27
• Опрос № 1	27
• Опрос № 2	34
2.2.3. Лабораторные работы	42
• Лабораторные работы по разделу «Электричество»	42
• Лабораторные работы по разделу «Магнетизм»	48
2.2.4. Индивидуальное домашнее задание	52
2.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	61
2.3.1. Оценочные средства для проведения экзамена	61
3. СВЕДЕНИЯ О СОСТАВИТЕЛЯХ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	67

1. Паспорт фонда оценочных средств

1.1. Модели контролируемых компетенций

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Знать базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физикоматематический аппарат

ОПК-1 Владеть математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов

УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи

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

1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства		
			Текущий контроль	Рубежный контроль	Промежуточная аттестация
1	Электричество	ОПК-1, УКЕ-1-	ПР №1	КИ	Экзамен

			ЛР №1, 2, 3 Опрос №1 ИДЗ	
2	Магнетизм	ОПК-1,УКЕ-1	ЛР №2 ЛР № 4, 5 Опрос № 2 ИДЗ	КИ

ЛР – контрольная работа на практическом занятии; ИДЗ – индивидуальное домашнее задание; ЛР – лабораторная работа; КИ – контроль по итогам.

1.3. Основные показатели оценивания компетенций

Соотнесение формируемых компетенций со знаниями, умениями и навыками приведено в следующей таблице:

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины «Общая физика (Электричество и магнетизм)» и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)	
ОПК-1,УКЕ-1	31, 32	У1	В1, В2	ЛР, ИДЗ, ЛР, опрос

Основные показатели оценивания знаний, умений и навыков, необходимых для формирования компетенций, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты освоения дисциплины «Общая физика (Электричество и магнетизм)», подлежащие проверке.

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Формируемые компетенции
31 – основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; 32 – основные физические величины и физические константы, их определение, смысл,	Формулировка, запись и пояснение следующих понятий и формул: - электрический заряд, электростатическое поле, напряженность электростатического поля, поле диполя, потенциал электростатического поля, эквипотенциальные поверхности, напряженность поля, типы диэлектриков, поляризация диэлектриков, поляризованность. Напряженность поля в диэлектрике. Электрическое смещение, сегнетоэлектрики, электрическая емкость уединенного проводника, конденсаторы, энергия системы зарядов, уединенного проводника и конденсатора, энергия электростатического поля;	УКЕ-1, ОПК-1

<p>способы и единицы измерения.</p>	<p>- электрический ток, сила и плотность тока, сторонние силы, электродвижущая сила и напряжение, сопротивление проводников, работа и мощность тока, эмиссионные явления, плазма и ее свойства.</p> <p>-вектор магнитной индукции, напряженность магнитного поля, эффект Холла, сила Ампера, сила Лоренца движение заряженных частиц в магнитном поле, поток вектора магнитной индукции, электромагнитная индукция, магнитные свойства вещества, самоиндукция, индуктивность контура, токи при размыкании и замыкании цепи, взаимная индукция, трансформатор, энергия магнитного поля, магнитные моменты электронов и атомов, диа- и парамагнетизм, намагниченность, магнитное поле в веществе, ферромагнетики.</p> <p>Формулировка, запись и пояснение следующих законов, теорем, правил:</p> <p>-закон сохранения электрического заряда, закон Кулона, закон Ома, закон Джоуля – Ленца, закон Видемана – Франца, правила Кирхгофа для разветвленных цепей, теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме.</p> <p>-закон Био – Савара – Лапласа, закон Ампера, закон электромагнитной индукции Фарадея, теорема Гаусса для магнитного поля.</p>	
<p>У1 – указать, какие законы описывают данное явление или эффект, и записывать уравнения для физических величин.</p> <p>В1 – навыками использования основных общезначимых законов и принципов в важнейших практических приложениях.</p>	<p>Применение знаний для решения задач по темам:</p> <p>- электростатическое поле в вакууме, электроемкость, конденсаторы, законы постоянного тока.</p> <p>-магнитостатика, явление электромагнитной индукции, магнитные свойства вещества, уравнения Максвелла.</p>	<p>ОПК-1, УКЕ-1</p>
<p>В2 – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента и работы с учебно-методической литературой.</p>	<p>Обладание умением работать с информацией, умением принять правильное решение на основе анализа исходных данных.</p>	<p>ОПК-1, УКЕ-1</p>

1.4 Перечень оценочных средств

Характеристика оценочных средств по дисциплине представлена в таблице:

№ п/п	Наименование оценочного	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного
-------	-------------------------	--	--------------------------

	средства		средства в фонде
1	Опрос	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы и/или тестирование	Вопросы по разделам дисциплины, фонд тестовых заданий
2	Контрольная работа на практическом занятии	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по разделу	Комплект контрольных заданий
3	Лабораторная работа	Конечный продукт, получаемый в результате выполнения комплекса учебных заданий в соответствии с заданным алгоритмом проведения работ. Позволяет оценить: 1) умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач; 2) владения навыками проведения эксперимента. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Комплект лабораторных работ по разделам
4	Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой регламентированное задание, позволяющее диагностировать: 1) знание теоретического материала (базовые понятия, определения, законы); 2) умение интегрировать знания различных разделов дисциплины; 3) владение навыками практического применения законов физики.	Комплект заданий по вариантам

Распределение баллов представлено в таблице:

Контролируемый раздел дисциплины	Оценочные средства	Балл	
		максимальный	минимальный
Раздел 1. Электричество	ОП	10	6
	ПР	10	6
	ЛР	15	9
	Всего по разделу	35	21
Раздел 2. Магнетизм	ОП	13	8
	ПР	12	7
	ЛР	10	6
	ИДЗ	10	6
Всего по разделу		45	27

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для оценки знаний, умений, навыков по дисциплине

Типовые контрольные задания представлены в соответствии с перечнем оценочных средств по дисциплине в следующей структуре:

методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

сами оценочные средства с выделением правильных ответов (для тестов и контрольных работ);

критерии и шкалы оценивания.

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Входной контроль знаний по дисциплине «Общая физика (Электричество и магнетизм)» осуществляется в виде диагностического интернет- тестирования уровня знаний и умений студентов-первокурсников с помощью программы через Федеральный портал интернет-экзамена «ФЭПО» в период с 01 сентября по 31 декабря текущего учебного года.

В таблице 2.1 представлена обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине.

В таблице 2.2 приведены результаты тестирования студентов по ВУЗу за 201_ г.

Таблица 2.1 Обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине «Общая физика».

№ п/п	Наименование темы	Перечень учебных элементов
1	Прямолинейное равномерное движение. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение	<i>знать:</i> скорость, путь и перемещение при равномерном движении; ускорение, скорость и перемещение при равнопеременном движении <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
2	Движение точки по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение	<i>знать:</i> центростремительное ускорение, скорость и угловое смещение при равномерном движении по окружности <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
3	Сила. Суперпозиция сил. Законы Ньютона	<i>знать:</i> законы Ньютона <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
4	Силы в механике. Гравитационная сила (закон всемирного тяготения)	<i>знать:</i> силу тяжести, вес тела, силу упругости, силу трения <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
5	Момент силы. Условия равновесия твердого тела	<i>знать:</i> условия равновесия твердого тела <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
6	Давление жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Условия плавания тел	<i>знать:</i> закон Паскаля <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
7	Импульс тела. Закон сохранения импульса	<i>знать:</i> закон сохранения импульса <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
8	Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии	<i>знать:</i> понятия «кинетическая энергия», «потенциальная энергия», «мощность», закон сохранения энергии <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
9	Гармонические колебания (амплитуда, фаза, период, частота). Маятники (математический и пружинный). Энергия	<i>знать:</i> понятия «амплитуда», «фаза», «период», «частота», «энергия» колебаний <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач

	колебаний	
10	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного движения молекул идеального газа. Связь температуры со средней кинетической энергией атомов вещества	<i>знать:</i> основное уравнение молекулярно-кинетической теории <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
11	Уравнение Клапейрона – Менделеева. Изопроцессы	<i>знать:</i> уравнение Менделеева – Клапейрона <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
12	Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики. КПД тепловой машины	<i>знать:</i> понятие «работа» в термодинамике; формулу для КПД тепловой машины <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
13	Закон сохранения заряда. Закон Кулона	<i>знать:</i> закон Кулона <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
14	Действие электрического поля на электрические заряды. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей	<i>знать:</i> принцип суперпозиции электростатических полей <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
15	Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов	<i>знать:</i> свойства электростатического поля <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
16	Электрическая емкость. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора	<i>знать:</i> последовательное и параллельное соединение конденсаторов <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
17	Постоянный электрический ток. Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников	<i>знать:</i> закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
18	Электродвижущая сила. Внутреннее сопротивление источника тока. Закон Ома для полной электрической цепи	<i>знать:</i> закон Ома для полной электрической цепи <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
19	Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля - Ленца	<i>знать:</i> закон Джоуля-Ленца <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
20	Магнитное поле проводника с током. Сила Ампера. Сила Лоренца	<i>знать:</i> закон Ампера; влияние магнитного поля на движение заряженной частицы <i>уметь:</i> описывать и объяснять физические явления

Таблица 2.2 Результаты тестирования студентов по ВУЗу за 201_ г.

Процент правильно выполненных заданий	Доля студентов
80% - 100%	
60% - 80%	
40% - 60%	
0% - 40%	
Всего	

2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

2.2.1 Контрольные работы на практическом занятии.

Контрольная работа № 1

Контрольная работа по разделу «Электричество».

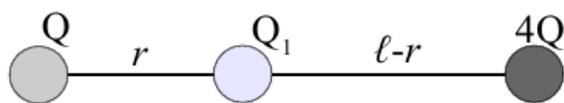
Задание для контрольной работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за контрольную работу – 10 баллов, минимальное – 6 баллов.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. Два положительных точечных заряда Q и $4Q$ закреплены на расстоянии $\ell = 60$ см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд Q_1 , так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения заряда возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.



Решение.

Пусть расстояние от Q до Q_1 равно r , тогда расстояние от $4Q$ до Q_1 равно $\ell - r$. Заряд Q_1 находится в равновесии, если сила взаимодействия его с зарядом Q равна по модулю силе взаимодействия с зарядом $4Q$, условие равновесия имеет вид:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{QQ_1}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4QQ_1}{(\ell - r)^2}, \text{ или } \frac{1}{r^2} = \frac{4}{(\ell - r)^2}; \text{ отсюда: } r = (\ell - r)/2.$$

Из последнего равенства находим: $r = \ell/3$. Подставив значение ℓ , получаем $r = (60 \text{ см})/3 = 20$ см. Заряд Q_1 будет находиться в равновесии на расстоянии 20 см от заряда Q .

Определим знак заряда. Предположим, что Q_1 отрицательный. Тогда он притягивается к обоим зарядам, и при смещении его к Q_1 сила притяжения Q_1 к Q возрастет, а сила притяжения Q_1 к $4Q$ уменьшится, и равнодействующая этих сил будет направлена к Q и будет удалять Q_1 от равновесия. Аналогичные рассуждения верны и при смещении Q_1 к $4Q$. Поэтому при отрицательном Q_1 равновесие будет неустойчивым.

Если Q_1 будет положительным, то он будет отталкиваться от Q и от $4Q$. При смещении Q_1 от равновесия будет возрастать сила отталкивания от того закрепленного заряда, к которому Q_1 сместится, и результирующая сила будет возвращать Q_1 в исходную точку, т. е. при положительном Q_1 равновесие будет устойчивым.

Ответ: на расстоянии 20 см от заряда Q , положительный.

2. Расстояние d между двумя точечными зарядами $Q_1 = +8$ нКл и $Q_2 = -5.3$ нКл

равно 40 см. Вычислить напряженность E поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему будет равна напряженность, если второй заряд будет положительным?

Решение.

Напряженность поля точечного заряда определяется по формуле:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

Силовые линии электрического поля выходят из положительного заряда и входят в отрицательный, и на прямой между зарядами направлены в одну сторону, поэтому модули напряженностей полей от каждого из зарядов суммируются. Расстояние от рассматриваемой точки до каждого из зарядов равно $d/2$. Напряженность поля:

$$E = E_1 + E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{4|Q_1|}{d^2} + \frac{4|Q_2|}{d^2} \right) = \frac{1}{\pi\epsilon_0 d^2} (|Q_1| + |Q_2|).$$

Если второй заряд будет положительным, то на прямой между зарядами напряженности полей от зарядов будут противоположны и частично компенсировать друг друга:

$$E = E_1 - E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{4|Q_1|}{d^2} - \frac{4|Q_2|}{d^2} \right) = \frac{1}{\pi\epsilon_0 d^2} (|Q_1| - |Q_2|).$$

Выразим все величины в СИ и подставим значения ($1/(\pi\epsilon_0) = (9/4) \cdot 10^9$ м/Ф):

$$1) E = \frac{9 \cdot 10^9}{4 \cdot 0.4^2} \cdot (8 + 5.3) \cdot 10^{-9} = 187,$$

проверим размерность:

$$[E] = \frac{\text{м}}{\text{Ф} \cdot \text{м}^2} \cdot \text{Кл} = \frac{\text{Кл}}{\text{Ф} \cdot \text{м}} = \text{В/м}.$$

$$2) E = \frac{9 \cdot 10^9}{4 \cdot 0.4^2} \cdot (8 - 5.3) \cdot 10^{-9} = 38, [E] = \frac{\text{м}}{\text{Ф} \cdot \text{м}^2} \cdot \text{Кл} = \frac{\text{Кл}}{\text{Ф} \cdot \text{м}} = \text{В/м}.$$

Ответ: 187 В/м, 38 В/м.

3. На металлической сфере радиусом $R = 10$ см находится заряд $Q = 1$ нКл. Определить напряженность E электрического поля в следующих точках: 1) на расстоянии $r_1 = 8$ см от центра сферы; 2) на поверхности ее; 3) на расстоянии $r_2 = 15$ см от центра сферы. Построить график зависимости $E(r)$.

Решение.

Воспользуемся теоремой Остроградского – Гаусса для электростатического поля:

$$\oint_S E_n dS = \frac{Q}{\epsilon\epsilon_0},$$

где E_n — проекция вектора напряженности электрического поля на нормаль к площадке dS .

Примем, что сфера находится в вакууме, т. е. $\epsilon = 1$.

1) Внутри сферы:

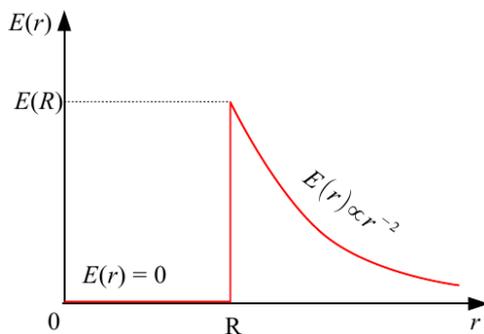
$$\oint_S E_n dS = 0 \Rightarrow E = 0$$

, т. к. внутри сферы нет зарядов.

2) На поверхности:

$$\oint_S \vec{E}_n dS = E \cdot 4\pi R^2 = \frac{Q}{\epsilon\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^2}; \quad E = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф} \frac{10^{-9} \text{ Кл}}{(0.1 \text{ м})^2} = 900 \frac{\text{Кл}}{\text{Ф}\cdot\text{м}} = 900 \text{ В/м}$$

3) Снаружи сферы:



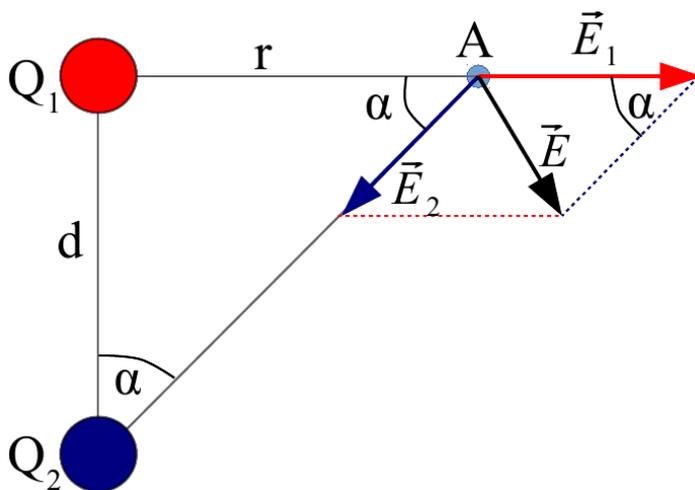
$$\oint_S \vec{E}_n dS = E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2};$$

$$E = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф} \frac{10^{-9} \text{ Кл}}{(0.15 \text{ м})^2} = 400 \text{ В/м}$$

Ответ: 1) 0; 2) 900 В/м; 3) 400 В/м.

4. Заряды $Q_1 = 1 \text{ мкКл}$ и $Q_2 = -1 \text{ мкКл}$ находятся на расстоянии $d = 10 \text{ см}$. Определить напряженность E и потенциал ϕ поля в точке, удаленной на расстояние $r = 10 \text{ см}$ от первого заряда и лежащей на линии, проходящей через первый заряд перпендикулярно направлению от Q_1 к Q_2 .

Решение.



По условию $d = r$ и угол между d и r составляет 90° , поэтому треугольник Q_1Q_2A прямоугольный и равнобедренный, угол α составляет 45° , а расстояние от Q_2 до точки A равно $r\sqrt{2}$.

Модуль напряженности E_1 поля от Q_1 в точке A составляет:

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_1|}{r^2}$$

Заряд Q_2 создает в точке A поле с напряженностью E_2 , модуль которой:

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_2|}{2r^2}$$

Поскольку модули зарядов Q_1 и Q_2 одинаковы, то для модулей напряженности верно соотношение:

$$E_1 = 2E_2$$

Напряженность поля – векторная величина, поэтому результирующая напряженность поля в точке A определяется по теореме косинусов:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1E_2\cos\alpha} = \sqrt{5E_2^2 - 2\sqrt{2}E_2^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_2|}{2r^2} \sqrt{5 - 2\sqrt{2}}$$

Подставим значения (в СИ):

$$E = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф} \cdot \frac{10^{-6} \text{ Кл}}{2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} \cdot \sqrt{5 - 2\sqrt{2}} = 4.5 \cdot 10^5 \cdot 1.47 = 6.62 \cdot 10^5$$

Проверим размерность:

$$[E] = \frac{\text{м} \cdot \text{Кл}}{\Phi \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{Кл} \cdot \text{м}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$E = 6.62 \cdot 10^5 \text{ В/м} = 662 \text{ кВ/м.}$$

Потенциал поля от Q_1 в точке А составляет:

$$\phi_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r}$$

Потенциал поля от Q_2 в точке А:

$$\phi_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_2}{r\sqrt{2}}$$

Поскольку $Q_2 = -Q_1$, то $\phi_2 = -\phi_1/\sqrt{2}$.

Резльтирующий потенциал равен алгебраической сумме потенциалов от каждого из зарядов:

$$\phi = \phi_1 + \phi_2 = \phi_1(1 - 1/\sqrt{2}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r} (1 - 1/\sqrt{2})$$

Подставляем значения (в СИ):

$$\phi = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-6}}{10^{-1}} (1 - 0.71) = 2.64 \cdot 10^4$$

Проверим размерность:

$$[\phi] = \frac{\text{м} \cdot \text{Кл}}{\Phi \cdot \text{м}} = \frac{\text{Кл}}{\Phi} = \text{В}$$

$$\phi = 2.64 \cdot 10^4 \text{ В} = 26.4 \text{ кВ.}$$

Ответ: 662 кВ/м, 26.4 кВ.

5. Шар радиусом $R_1 = 6$ см заряжен до потенциала $\phi_1 = 300$ В, а шар радиусом $R_2 = 4$ см – до потенциала $\phi_2 = 500$ В. Определить потенциал ϕ шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.

Решение.

После соединения шаров их суммарный заряд не изменился, емкости сложились, а потенциалы уравнились:

$$Q = Q_1 + Q_2 = C\phi = C_1\phi_1 + C_2\phi_2, \quad C = C_1 + C_2.$$

Емкость уединенного шара: $C_{\text{ш}} = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$.

Тогда:

$$4\pi\epsilon_0\epsilon(R_1 + R_2) = 4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 + 4\pi\epsilon_0\epsilon R_2, \quad \text{или}$$

$$\phi(R_1 + R_2) = \phi_1 R_1 + \phi_2 R_2$$

Отсюда конечный потенциал составляет:

$$\phi = \frac{\phi_1 R_1 + \phi_2 R_2}{R_1 + R_2}$$

Подставляем значения:

$$\phi = \frac{300\text{В} \cdot 6\text{см} + 500\text{В} \cdot 4\text{см}}{6\text{см} + 4\text{см}} = 380\text{В}$$

Ответ: $\phi = 380$ В.

6. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U_1 = 100$ В. Какова будет разность потенциалов U_2 , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора? (Диэлектрическая проницаемость стекла $\epsilon = 7$)

Решение.

Связь разности потенциалов на пластинах конденсатора с зарядом в нем:

$$Q = CU, \text{ или } U = Q/C$$

Емкость плоского конденсатора:

$C = \epsilon \epsilon_0 S/d$, где ϵ – диэлектрическая проницаемость среды между обкладками, S — площадь обкладок, d – расстояние между ними.

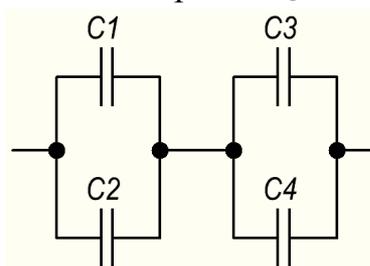
При вытаскивании диэлектрика заряд конденсатора не изменяется, а емкость уменьшается в ϵ раз, и для разностей потенциалов можно записать:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{Q/C_2}{Q/C_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S/d}{\epsilon_0 S/d} = \epsilon, \text{ или } U_2 = \epsilon U_1.$$

$$U_2 = (100 \text{ В}) \cdot 7 = 700 \text{ В}.$$

Ответ: $U_2 = 700$ В.

7. Конденсаторы соединены так, как это показано на рисунке. Емкости конденсаторов: $C_1 = 0.2$ мкФ, $C_2 = 0.1$ мкФ, $C_3 = 0.3$ мкФ, $C_4 = 0.4$ мкФ.



Определить емкость C батареи конденсаторов.

Решение.

Батарея состоит из двух последовательно соединенных блоков, каждый из которых содержит 2 параллельно соединенных конденсатора (C_1+C_2 и C_3+C_4). Тогда емкость батареи составляет:

$$C = \frac{(C_1+C_2)(C_3+C_4)}{C_1+C_2+C_3+C_4}.$$

Подставляем значения:

$$C = \frac{(0.2+0.1)\text{мкФ} \cdot (0.3+0.4)\text{мкФ}}{(0.2+0.1+0.3+0.4)\text{мкФ}} = 0.21\text{мкФ}.$$

Ответ: $C = 0.21$ мкФ.

8. Найти энергию W уединенной сферы радиусом $R = 4$ см, заряженной до потенциала $\phi = 500$ В.

Решение.

Энергия заряженного уединенного проводника:

$$W = C\phi^2/2. \quad (1)$$

Емкость уединенной сферы:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R, \quad (2)$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость среды, в которой сфера находится, в данном случае $\epsilon = 1$.

Подставляем (2) в (1):

$$W = 4\pi\epsilon_0 R\phi^2/2.$$

Подставляем значения (в СИ):

$$W = 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 25 \cdot 10^4 \text{ В}^2 = 5.5 \cdot 10^{-7} (\text{Кл/В}) \cdot \text{В}^2 = 0.55 \text{ мкДж}$$

Ответ: 0.55 мкДж.

9. Напряжение U на шинах электростанции равно 6.6 кВ. Потребитель находится на расстоянии $\ell = 10$ км. Определить площадь S сечения медного провода, который следует взять для устройства двухпроводной линии передачи, если сила тока I в линии равна 20 А и потери напряжения на проводах не должны превышать 3%.

Решение.

Линия состоит из 2 проводов и имеет длину 2ℓ , ее сопротивление составляет:

$$R = \rho \cdot 2\ell / S,$$

отсюда площадь сечения:

$$S = 2\ell\rho / R. \quad (1)$$

Потеря напряжения в линии определяется по закону Ома для участка цепи:

$$\Delta U = IR, \quad (2)$$

где по условию $\Delta U = 0.03U$. (3)

Выразим R из (2) и подставим в (1) с учетом (3):

$$S = \frac{2\ell\rho I}{0.03U}$$

Подставим значения (в СИ):

$$S = \frac{2 \cdot 10^4 \text{ м} \cdot 17 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 20 \text{ А}}{0.03 \cdot 6.6 \cdot 10^3 \text{ В}} = 34 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot \text{Ом} / \text{Ом} = 34 \text{ мм}^2$$

Ответ: 34 мм².

10. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС ε каждого элемента равна 1.2 В, внутреннее сопротивление $r = 0.2$ Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление $R = 1.5$ Ом. Найти силу тока I во внешней цепи.

Решение.

Закон Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

Батарея содержит 2 параллельно соединенных блока по 3 последовательно включенных элемента в каждом, поэтому ее ЭДС составляет 3ε , а внутреннее сопротивление $3r/2$. Тогда ток во внешней цепи составляет:

$$I = \frac{3\varepsilon}{R+3r/2}$$

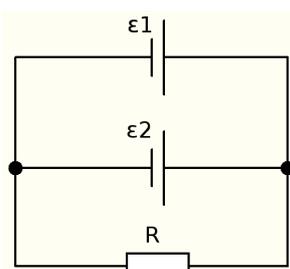
Подставляем значения:

$$I = \frac{3 \cdot 1.2 \text{ В}}{1.5 \text{ Ом} + 3 \cdot 0.2 \text{ Ом} / 2} = \frac{3.6 \text{ В}}{1.8 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}$$

Ответ: 2 А.

11. Две батареи аккумуляторов ($\varepsilon_1 = 10$ В, $r_1 = 1$ Ом; $\varepsilon_2 = 8$ В, $r_2 = 2$ Ом) и реостат ($R = 6$ Ом) соединены, как показано на рисунке. Найти силу тока в батареях и

реостате.



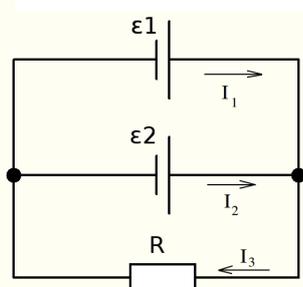
Решение.

Обозначим токи в ветвях, направление токов задается произвольно; определим направление обхода контуров — по часовой стрелке. Запишем уравнения Кирхгофа для правого узла и двух контуров: ε_1 -R и ε_2 -R:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0,$$

$$\varepsilon_1 = I_1 r_1 + I_3 R,$$

$$\varepsilon_2 = I_2 r_2 + I_3 R.$$



Решая данную систему уравнений любым способом, получаем:

$I_1 = 1.6 \text{ A}$, $I_2 = -0.2 \text{ A}$, $I_3 = 1.4 \text{ A}$. Знак минус говорит о том, что реальное направление тока противоположно заданному при расчете.

Ответ: 1.6 A, 0.2 A, 1.4 A.

12. ЭДС батареи аккумуляторов $\varepsilon = 12 \text{ В}$, сила тока I короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность P_{\max} можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

Решение.

Мощность во внешней цепи определяется по закону Джоуля – Ленца:

$$P = UI,$$

где U – напряжение на зажимах батареи, I – ток в цепи.

Величина U является разностью между ЭДС батареи и падением напряжения на ее внутреннем сопротивлении:

$$U = \varepsilon - Ir.$$

Внутреннее сопротивление:

$$r = \varepsilon / I_{\text{кз}},$$

где $I_{\text{кз}}$ – ток короткого замыкания.

С учетом вышесказанного, определим мощность как функцию тока:

$$P(I) = \left(\varepsilon - I \frac{\varepsilon}{I_{\text{кз}}} \right) I = \varepsilon I - \varepsilon \frac{I^2}{I_{\text{кз}}}$$

Наибольшее значение мощности соответствует экстремуму данной функции. В точке экстремума первая производная равна нулю. Исследуем функцию $P(I)$ на экстремум:

$$\frac{dP}{dI} = \varepsilon - 2\varepsilon \frac{I}{I_{\text{кз}}} = 0 \quad \frac{2I}{I_{\text{кз}}} = 1, \quad I = I_{\text{кз}}/2$$

Наибольшая мощность во внешней цепи будет при токе $I = I_{\text{кз}}/2$ и ее значение составит:

$$P_{\max} = \varepsilon \frac{I_{\text{кз}}}{2} - \varepsilon \frac{I_{\text{кз}}^2}{4I_{\text{кз}}} = \frac{\varepsilon I_{\text{кз}}}{4}$$

Подставим значения:

$$P_{max} = \frac{12B - 5A}{4} = 15\text{Вт}$$

Ответ: 15 Вт.

Критерии и шкалы оценивания.

9-10 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

7-9 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

6-7 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной величины.

Менее 6 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

Контрольная работа № 2

Контрольная работа по разделу «Магнетизм».

Задание для контрольной работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за контрольную работу – 12 баллов, минимальное – 7 баллов.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. 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?

Решение.

Поскольку катушка очень короткая, то ее высота пренебрежимо мала по сравнению с радиусом.

Напряженность магнитного поля одного витка с током:

$$H_1 = I/2r, \text{ где } r \text{ – радиус витка.}$$

Для N витков:

$$H = \frac{NI}{2r}; \text{ отсюда: } N = \frac{2rH}{I}$$

Подставляем значения (в СИ):

$$N = \frac{2 \cdot 0,16 \text{ м} \cdot 800 \text{ А/м}}{5 \text{ А}} = 51$$

Проверим размерность:

$$[N] = \frac{\text{м} \cdot \text{А}}{\text{м} \cdot \text{А}} = 1 \text{ – безразмерная величина.}$$

Ответ: $N = 51$.

2. Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром $d = 0,5$ мм намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу. Какова напряженность H магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I = 4$ А? Толщиной изоляции пренебречь.

Решение.

Соленоид длинный, т. е. его длина намного больше диаметра витков, поэтому его можно считать бесконечно длинным.

Напряженность магнитного поля в бесконечно длинном соленоиде:

$$H = nI,$$

где n – плотность намотки, т. е. число витков на единицу длины.

В пренебрежении толщиной изоляции число витков на единицу длины составляет $n = 1/d$. Тогда напряженность:

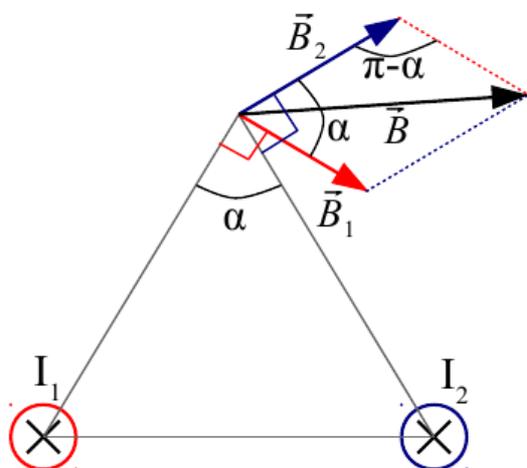
$$H = I/d.$$

Подставим значения (в СИ):

$$H = 4 \text{ А} / (5 \cdot 10^{-4} \text{ м}) = 8 \cdot 10^3 \text{ А/м} = 8 \text{ кА/м.}$$

Ответ: 8 кА/м .

3. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи силой $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А в одном направлении. Расстояние d между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию B в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние $r = 10$ см.



Решение.

Ток, текущий в бесконечно длинном прямом проводе, создает магнитное поле с индукцией:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$$

Расстояние от рассматриваемой точки до каждого из проводов одинаково и равно расстоянию между проводами, поэтому векторы B_1 и B_2 образуют угол $\alpha = 60^\circ$. Результирующая магнитная индукция является векторной суммой B_1 и B_2 , ее модуль составляет:

$$B = (B_1^2 + B_2^2 - 2B_1B_2 \cos(\pi - \alpha))^{1/2} = (B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha)^{1/2}$$

$$\text{или } B = \frac{\mu_0}{2\pi r} (I_1^2 + I_2^2 + 2I_1I_2 \cdot 0.5)^{1/2} = \frac{\mu_0}{2\pi r} (I_1^2 + I_2^2 + I_1I_2)^{1/2}$$

Подставляем значения (в СИ):

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 0.1} (400 + 900 + 600)^{1/2} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 43.6 = 87.2 \cdot 10^{-6}$$

Проверим размерность:

$$[B] = \frac{\text{Гн}}{\text{м}\cdot\text{м}} (\text{А}^2)^{1/2} = \frac{\text{Гн}\cdot\text{А}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Вб}}{\text{м}^2} = \text{Тл}$$

$$B = 87.2 \cdot 10^{-6} \text{ Тл} = 87.2 \text{ мкТл.}$$

Ответ: 87.2 мкТл.

4. Шины генератора представляют собой две параллельные медные полосы длиной $\ell = 2$ м каждая, отстоящие друг от друга на расстоянии $d = 20$ см. Определить силу F взаимного отталкивания шин в случае короткого замыкания, когда по ним течет ток силой $I = 10$ кА.

Решение.

Каждый из проводников полностью находится в магнитном поле другого проводника.

Один из проводников создает магнитное поле с индукцией:

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi d}$$

Это поле действует на другой проводник с силой, определяемой законом Ампера:

$$F = I\ell B = I\ell \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{\mu\mu_0 I^2 \ell}{2\pi d}$$

Подставляем значения (в СИ):

$$F = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} \cdot (10^4 \text{ А})^2 \cdot 2 \text{ м}}{2 \pi \cdot 0.2 \text{ м}} = 200 \text{ Н}$$

Проверим размерность:

$$[F] = \frac{\text{Гн} \cdot \text{А}^2 \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}^2}{\text{А} \cdot \text{м}} = \text{Тл} \cdot \text{м} \cdot \text{А} = \text{Н}$$

Ответ: 200 Н.

5. Двукратно ионизированный атом гелия (α -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью $H = 100 \text{ кА/м}$ по окружности радиусом $R = 100 \text{ см}$. Найти скорость v α -частицы.

Решение.

На движущуюся в магнитном поле с индукцией B заряженную частицу действует сила Лоренца:

$$F_L = QvB \sin \alpha$$

где Q – заряд частицы, v – ее скорость, α – угол между векторами v и B . Частица движется по окружности при $\alpha = 90^\circ$.

Сила Лоренца сообщает частице нормальное ускорение:

$$F_L = \frac{mv^2}{R} = QvB \quad ; \quad \text{отсюда:} \quad v = \frac{Q}{m} BR = \frac{Q}{m} \mu_0 H R$$

Подставляем значения (в СИ, заряд α -частицы $Q = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, масса $m = 6.64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$):

$$v = \frac{3.2 \cdot 10^{-19}}{6.64 \cdot 10^{-27}} \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^5 \cdot 1 = 6.05 \cdot 10^6$$

Проверим размерность:

$$[v] = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Гн} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}}{\text{А} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{м} \cdot \text{Н}}{\text{кг} \cdot \text{А} \cdot \text{м}} = \frac{\text{с} \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$v = 6.05 \cdot 10^6 \text{ м/с} = 6.05 \text{ Мм/с}$.

Ответ: 6.05 Мм/с.

6. Перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B = 0.1 \text{ Тл}$ возбуждено электрическое поле напряженностью $E = 100 \text{ кВ/м}$. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость v частицы.

Решение.

На частицу действуют 2 силы: сила Лоренца и электростатическая сила. Движение прямолинейно, если эти силы компенсируют друг друга:

$$F_L = F_E, \text{ или } QvB = QE \quad ; \quad \text{отсюда:} \quad v = E/B$$

Подставляем значения (в СИ):

$$v = 10^5 / 0.1 = 10^6$$

Проверим размерность:

$$[v] = \frac{\text{В}}{\text{м} \cdot \text{Тл}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{Н}} = \frac{\text{Вт}}{\text{Н}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{Н}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$v = 10^6 \text{ м/с} = 1 \text{ Мм/с}$.

Ответ: 1 Мм/с.

7. Виток, по которому течет ток силой $I = 20$ А, свободно установился в магнитном поле с индукцией $B = 0.016$ Тл. Диаметр d витка равен 10 см. Определить работу A , которую нужно совершить, чтобы повернуть виток на угол $\alpha = \pi/2$ относительно оси, совпадающей с диаметром. То же, если угол $\alpha = 2\pi$.

Решение.

Виток свободно установился в магнитном поле, т. е. его магнитный момент \mathbf{p}_m сонаправлен с магнитной индукцией \mathbf{B} . При этом магнитный поток составляет:

$$\Phi_0 = BS = B \cdot \pi d^2 / 4.$$

Работа при повороте витка составляет:

$$A = I \Delta \Phi.$$

При повороте на угол $\alpha = \pi/2$ магнитный поток изменяется от Φ_0 до нуля, работа равна:

$$A = I(0 - B \pi d^2 / 4) = -IB \pi d^2 / 4.$$

Подставим значения (в СИ):

$$A = -20 \cdot 0.016 \cdot 3.14 \cdot 0.1^2 / 4 = -2.51 \cdot 10^{-3}.$$

Проверим размерность:

$$[A] = A \cdot T \cdot m^2 = \frac{A \cdot H \cdot m^2}{A \cdot m} = H \cdot m = \text{Дж}$$

$A = -2.51 \cdot 10^{-3}$ Дж = -2.51 мДж. Знак минус говорит о том, что работу совершает внешняя сила.

При повороте на угол $\alpha = 2\pi$ магнитный поток не изменяется и $A = 0$.

Ответ: 2.51 мДж, 0.

8. Прямой провод длиной $\ell = 10$ см помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл. Концы его замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление R всей цепи равно 0.4 Ом. Какая мощность P потребуется для того, чтобы двигать провод перпендикулярно линиям индукции со скоростью $v = 20$ м/с?

Решение.

Провод движется перпендикулярно линиям магнитной индукции, и на свободные носители заряда (электроны) в проводе действует сила Лоренца:

$$F_L = evB,$$

где e – заряд электрона.

Эта сила, перемещая электроны, создает электрическое поле напряженностью

$$E = F_L / e = vB.$$

При этом напряжение на концах провода составляет:

$$U = E\ell = B\ell v.$$

Для движения провода в магнитном поле необходимо компенсировать мощность потерь на джоулев нагрев. Требуемая мощность составляет:

$$P = U^2 / R = (B\ell v)^2 / R.$$

Подставим числовые значения (в СИ):

$$P = (1 \cdot 0.1 \cdot 20)^2 / 0.4 = 10.$$

Проверим размерность полученной величины.

$$[P] = \left(\frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{с}} \right) \frac{1}{\text{Ом}} = \left(\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{с}} \right) \frac{\text{А}}{\text{В}} = \frac{\text{В} \cdot \text{Т}^2}{\text{А}^2} \frac{\text{А}}{\text{В}} = \frac{\text{В} \cdot \text{Т}^2}{\text{В} \cdot \text{А}} = \text{Вт}$$

Ответ: $P = 10 \text{ Вт}$.

9. Проволочный виток радиусом $r = 4 \text{ см}$, имеющий сопротивление $R = 0.01 \text{ Ом}$, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0.04 \text{ Тл}$. Плоскость рамки составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с линиями индукции поля. Какое количество электричества Q протечет по витку, если магнитное поле исчезнет?

Решение.

Если магнитное поле исчезнет, то магнитный поток через виток уменьшится от начального значения Φ_0 до нуля:

$$\Delta\Phi = 0 - \Phi_0 = -B\pi r^2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = -B\pi r^2 \sin\alpha$$

где $(\pi/2 - \alpha)$ – угол между вектором \mathbf{B} и нормалью к витку.

При изменении магнитного потока в витке будет действовать ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_s = -\Delta\Phi/\Delta t$$

где Δt — время изменения магнитного потока.

В течение этого времени по витку протечет количество электричества, составляющее:

$$Q = I\Delta t = \frac{\varepsilon_s}{R} \Delta t = \frac{-(-B\pi r^2 \sin\alpha)}{R\Delta t} \Delta t = \frac{B\pi r^2 \sin\alpha}{R}$$

Подставляем значения (в СИ):

$$Q = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 3.14 \cdot 16 \cdot 10^{-4} \cdot \sin 30^\circ}{10^{-2}} = 1 \cdot 10^{-2}$$

Проверим размерность:

$$[Q] = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{Ом}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{В}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{В}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{Кл}}{\text{Дж}} = \text{Кл}$$

$$Q = 10^{-2} \text{ Кл} = 10 \text{ мКл}$$

Ответ: $Q = 10 \text{ мКл}$.

10. Сколько витков проволоки диаметром $d = 0.4 \text{ мм}$ с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром $D = 2 \text{ см}$, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$? Витки плотно прилегают друг к другу.

Решение.

Толщина изоляции проволоки ничтожно мала и витки плотно прилегают друг к другу, при этом длина соленоида составляет:

$$\ell = Nd,$$

где N – число витков.

Индуктивность соленоида:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{\ell} = \frac{\mu_0 N^2 \pi D^2}{4Nd} = \mu_0 \frac{\pi D^2}{4d} N$$

где $S = \pi D^2/4$ – площадь сечения соленоида.

Число витков:

$$N = \frac{4Ld}{\mu_0 \pi D^2}$$

Подставляем значения (в СИ):

$$N = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 3.14 \cdot 10^{-7} \cdot 3.14 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{10^4}{\pi^2} = 1000$$

Проверим размерность:

$$[N] = \frac{\frac{\text{Гн} \cdot \text{м}}{\text{Гн} / \text{м} \cdot \text{м}^2}}{\text{Гн} \cdot \text{м}} = 1 - \text{безразмерная величина}$$

Ответ: 1000 витков.

11. Длинный прямой соленоид, намотанный на немагнитный каркас, имеет $N = 1000$ витков и индуктивность $L = 3$ мГн. Какой магнитный поток Φ и какое потокоцепление Ψ создает соленоид при токе силой $I = 1$ А?

Решение.

Магнитный поток в соленоиде:

$$\Phi = BS,$$

где B — индукция магнитного поля, S — площадь сечения соленоида.

Потокоцепление:

$$\Psi = N\Phi = NBS = LI.$$

Из последней формулы можно выразить магнитный поток:

$$\Phi = LI/N.$$

Подставляем значения (в СИ):

$$\Phi = \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot 1 \text{ А}}{1000} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Вб} = 3 \text{ мкВб}$$

$$\Psi = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot 1 \text{ А} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Вб} = 3 \text{ мВб}$$

Ответ: $\Phi = 3$ мкВб, $\Psi = 3$ мВб.

12. Индуктивность L катушки (без сердечника) равна 0.1 мГн. При какой силе тока I энергия W магнитного поля равна 100 мкДж?

Решение.

Энергия магнитного поля в катушке индуктивности определяется по формуле:

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

Отсюда сила тока:

$$I = \sqrt{\frac{2W}{L}}$$

Подставляем значения (в СИ):

$$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{10^{-4}}} = 1.41$$

Проверим размерность:

$$[I] = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{Гн}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{А}}{\text{Гн} \cdot \text{м}^2}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{А} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{Н} \cdot \text{м}}} = \sqrt{\text{А}^2} = \text{А}$$

$I = 1.41$ А.

Ответ: 1.41 А.

Критерии и шкалы оценивания.

11-12 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

8-11 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

7-8 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной величины.

Менее 7 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

2.2.2 Опросы.

Опрос № 1.

Опрос по разделу «Электричество»

- включает в себя:
 - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 минут;
 - тестирование, выполняется 30 минут;
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- вариант теста содержит 8 заданий;
- оценивается:
 - ответ на каждый вопрос, максимальный балл – 7 баллов;
 - количество правильно выполненных тестовых заданий, максимальный балл – 3 балла.

Вопросы.

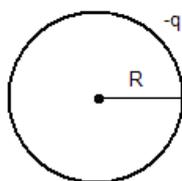
1. Электрический заряд. Свойства электрического заряда. Закон Кулона. Распределенные заряды.
2. Электрическое поле. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции для напряженности электростатического поля.
3. Потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции для потенциала. Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля.
4. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме (для вектора E).
5. Емкость уединенного проводника; конденсатора. Емкость плоского конденсатора; батареи конденсаторов, соединенных последовательно, параллельно.
6. Поляризация диэлектриков. Типы диэлектриков. Виды поляризации диэлектриков.
7. Энергия электростатического поля. Плотность энергии электростатического поля.
8. Электрический ток. Виды токов. Характеристики электрического тока. Условия возникновения и существования тока.
9. Закон Ома и Джоуля – Ленца в интегральной и локальной (дифференциальной) формах.
10. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для замкнутой цепи.
11. Работа и мощность тока.
12. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей.
13. Электрическое сопротивление проводников. Удельное сопротивление, зависимость удельного сопротивления от температуры. Последовательное и параллельное соединения проводников.

14. Элементарная классическая теория электропроводности металлов.
15. Вывод основных законов электрического тока из классической теории электропроводности металлов.
16. Работа выхода электронов из металла.
17. Эмиссионные явления и их применения.
18. Ионизация газов. Несамостоятельный газовый разряд.
19. Самостоятельный газовый разряд и его типы.
20. Плазма и ее свойства.

Типовые тесты по разделу «Электричество».

Вариант теста 1.

Задание 1.



Поле создано равномерно заряженной сферической поверхностью с зарядом $-q$. Укажите направление вектора градиента потенциала в точке A .

- 1) A-3 2) A-4 3) A-1 4) A-2.

Задание 2.

Два точечных заряда q и $2q$ на расстоянии r друг от друга взаимодействуют с силой F . С какой силой будут взаимодействовать заряды $2q$ и $2q$ на расстоянии $2r$?

- 1) $F/2$; 2) $2F$; 3) $4F$; 4) F ; 5) $F/4$.

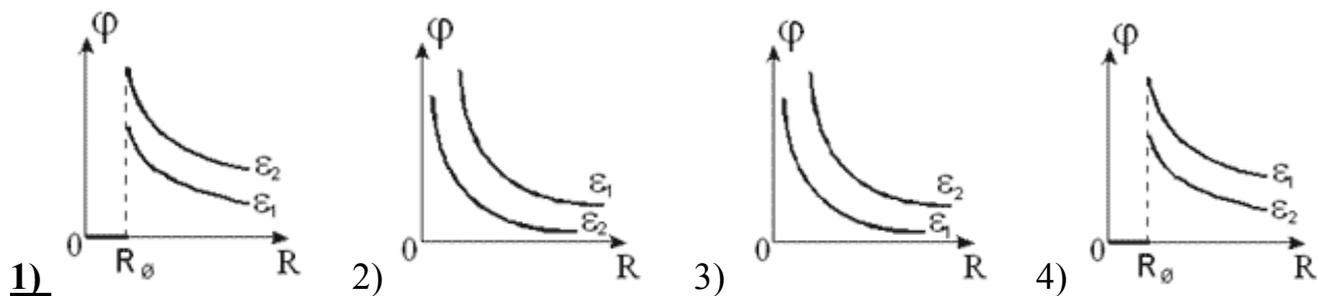
Задание 3.

При внесении полярного диэлектрика в электрическое поле

- 1) у молекул возникнут индуцированные дипольные моменты, ориентированные в направлении вектора напряженности поля;
- 2) возникнут индуцированные заряды, которые распределятся по поверхности образца, а внутри образца поле будет отсутствовать;
- 3) жесткие диполи молекул будут ориентироваться в среднем в направлении вектора напряженности поля;**
- 4) жесткие диполи молекул будут ориентироваться в среднем в направлении против вектора напряженности поля;
- 5) возникнет пьезоэлектрический эффект.

Задание 4.

Заряженный металлический шар последовательно погружают в две диэлектрические жидкости, причем $\epsilon_1 > \epsilon_2$. Какой из нижеприведенных графиков наиболее точно отражает зависимость потенциала поля от расстояния, отсчитываемого от центра шара?

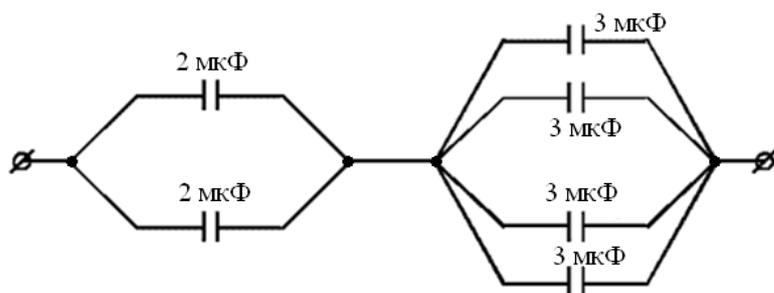


Задание 5.

У присоединенного к источнику тока плоского конденсатора заряд на обкладках равен Q . Если между обкладок конденсатора поместить диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ϵ , то заряд

- 1) уменьшится в ϵ раз;
- 2) **увеличится в ϵ раз;**
- 3) уменьшится в $(\epsilon-1)$ раз;
- 4) увеличится в $(\epsilon-1)$ раз;
- 5) не изменится.

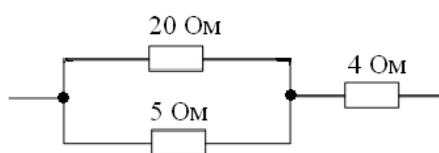
Задание 6.



Определить эквивалентную (общую) емкость системы конденсаторов, изображенных на рисунке.

- 1) 16 мкФ;
- 2) 12 мкФ;
- 3) **3 мкФ;**
- 4) 9 мкФ;
- 5) 8 мкФ.

Задание 7.



Сопротивление участка электрической цепи, представленной на рисунке, равно

- 1) 21 Ом;
- 2) 29 Ом;
- 3) **8 Ом;**
- 4) 9 Ом;
- 5) 14 Ом.

Задание 8.

Полезная мощность источника тока определяется формулой:

- 1) $P = I\epsilon = I^2(R + r)$;
- 2) $P = I\epsilon = I^2(R - r)$;
- 3) $P = IU = I^2r$;
- 4) **$P = IU = I^2R$;**
- 5) $P = I\epsilon = I^2(r - R)$.

Вариант теста 2.

Задание 1.

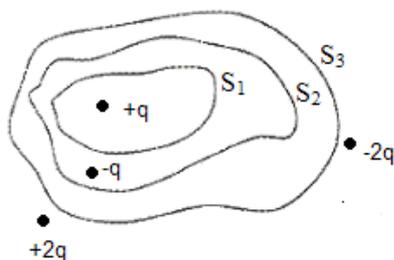
Свойство дискретности электрического заряда заключается

- 1) в электронейтральности вещества в общем случае;

- 2) в том, что заряд макротела кратен целочисленно заряду электрона;
- 3) в его способности изменяться непрерывно по величине;
- 4) в том, что в электрически замкнутой системе выполняется закон сохранения электрического заряда.

Задание 2.

Дана система точечных зарядов в вакууме и замкнутые поверхности S_1, S_2, S_3 .



Поток вектора напряженности электростатического поля равен нулю через

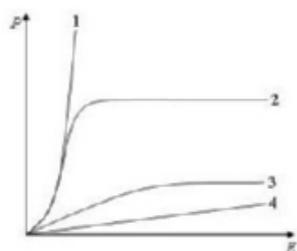
- 1) поверхность S_1 ;
- 2) поверхность S_2 ;
- 3) поверхности S_2 и S_3 ;
- 4) поверхность S_3 ;
- 5) поверхности S_1 и S_3 .

Задание 3.

Диэлектрическая проницаемость среды ϵ показывает

- 1) уменьшение напряженности электрического поля в среде по сравнению с вакуумом;
- 2) увеличение силы взаимодействия между зарядами в среде по сравнению с вакуумом;
- 3) направление движения зарядов в данной среде;
- 4) потенциал электрического поля в данной среде.

Задание 4.

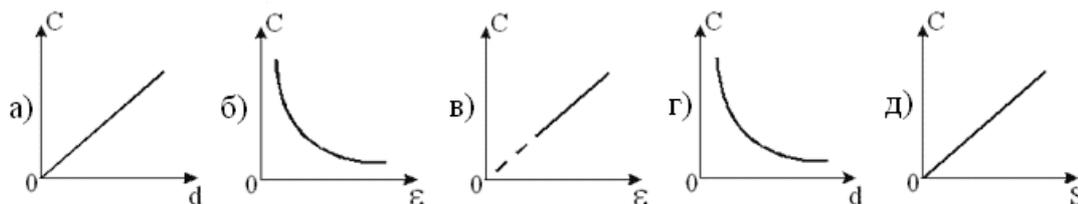


На рисунке представлены графики, отражающие характер зависимости поляризованности P от напряженности поля E . Укажите зависимость, соответствующую неполярным диэлектрикам:

- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4.

Задание 5.

Какой или какие из нижеприведенных графиков правильно отражают зависимость емкости плоского конденсатора от указанных на рисунках параметров?



- 1) а, в, д; 2) а, б, г; 3) б, в, г; 4) в, г, д; 5) а, б, д.

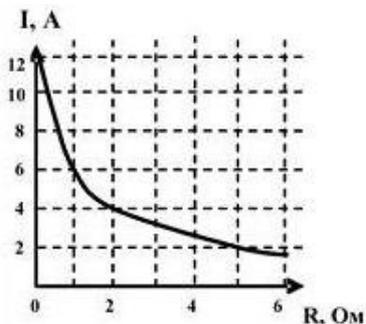
Задание 6.

Четыре одинаковых конденсатора емкостью 220 нФ каждый соединены последовательно и подключены к источнику тока, напряжение на зажимах

которого 2 кВ. Чему равен заряд этой батареи конденсаторов?

- 1) 220 мкКл; 2) **110 мкКл**; 3) 440 мкКл;
 4) 880 мкКл; 5) 1760 мкКл.

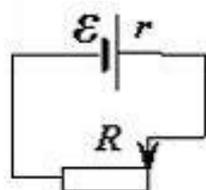
Задание 7.



К источнику тока с ЭДС 12В подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Внутреннее сопротивление этого источника тока равно

- 1) **1 Ом**;
 2) 6 Ом;
 3) 2 Ом;
 4) 3 Ом;
 5) 0 Ом.

Задание 8.



Реостат сопротивлением 2 Ом подключен к источнику тока с внутренним сопротивлением 1 Ом, как показано на рисунке. Если движок реостата перемещать из крайнего правого положения влево, то мощность тока в реостате будет

- 1) непрерывно уменьшаться;
 2) сначала уменьшаться, потом увеличиваться;
 3) **сначала увеличиваться, потом уменьшаться**;
 4) непрерывно увеличиваться.

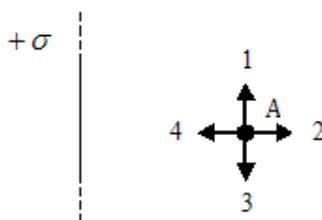
Вариант теста 3

Задание 1.

Необходимо ли заземлять корпус электроприбора и для чего?

- 1) **Да, для безопасности, так как из земли приходит заряд противоположного знака, который в сумме с имеющимся (накопленным) на корпусе прибора дает ноль.**
 2) Да, для безопасности, так как при работе прибора корпус нагревается.
 3) Да, но только для приборов, работающих в агрессивных условиях или на улице.
 4) Нет, так как при этом всегда происходит существенная потеря мощности прибора в связи с дополнительными токами утечки.

Задание 2.



Поле создано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда. Укажите направление вектора напряженности поля в точке А.

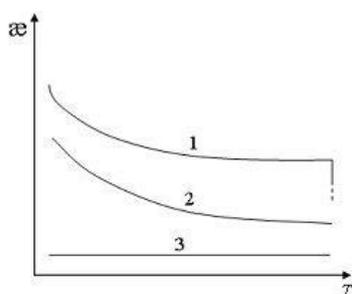
- 1) А-3
 2) А-4
 3) **А-2**
 4) А-1.

Задание 3.

Для неполярного диэлектрика характерен следующий тип поляризации:

- 1) **электронный**; 2) ионный; 3) ориентационный;
4) примесный; 5) ядерный.

Задание 4.



На рисунке представлены графики, отражающие характер температурной зависимости диэлектрической восприимчивости ϵ . Укажите зависимость, соответствующую полярным диэлектрикам.

- 1) 1
2) **2**
3) 3.

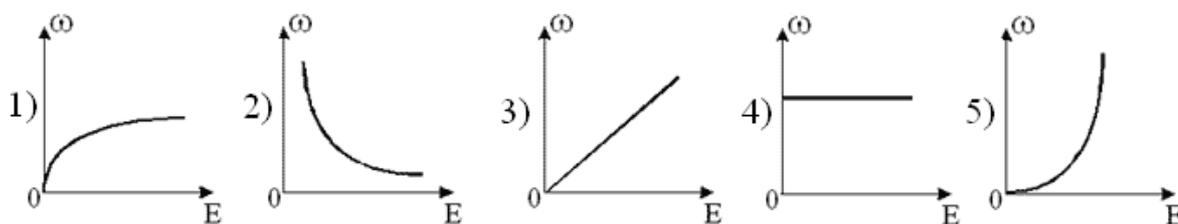
Задание 5.

Как изменится емкость плоского конденсатора, если расстояние между его обкладками увеличить на 50%?

- 1) Возрастет в 1.5 раза; 2) возрастет в 3 раза;
3) уменьшится в 3 раза; 4) **уменьшится в 1.5 раза;**
5) не изменится.

Задание 6.

Какой из нижеприведенных графиков правильно отражает зависимость объемной плотности энергии электростатического поля от напряженности для плоского конденсатора?



(правильный ответ 5)

Задание 7.

Сила тока в проводнике в течение интервала времени t равномерно увеличивалась от 0 до I , затем в течение такого же промежутка времени t оставалась постоянной, а затем за тот же интервал времени t равномерно уменьшалась до нуля. За все время через проводник прошел заряд q , равный

- 1) $q = It$; 2) **$q = 2 It$** ; 3) $q = 4 It$; 4) $q = 0$; 5) $q = 3 It$.

Задание 8.

Электрический нагреватель потребляет ток силой 10А от сети напряжением 220 В.

За месяц (30 дней) эксплуатации этого прибора потребитель заплатил 500 руб. Сколько часов нагреватель ежедневно включался, если тариф за электроэнергию составляет 2,5 руб. за киловатт-час?

1) 4 часа; 2) **3 часа**; 3) 2,5 часа; 4) 2 часа; 5) 1,5 часа.

Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за письменные ответы на вопросы – 7 баллов, минимальный – 4 балла.

6,5-7,0 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

5,0-6,5 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

4,0-5,0 баллов выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 4,0 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 3 балла, минимальный – 2 балла.
3 балла выставляется, если студент правильно решил 7-8 заданий;
2,5 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 заданий;
2 балла выставляется, если студент правильно решил 5-6 заданий;
Менее 2 баллов выставляется, если студент правильно решил менее 5 заданий.

Опрос № 2.

Опрос по разделу «Магнетизм»

- включает в себя:
 - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 минут;
 - тестирование, выполняется 30 минут;
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- вариант теста содержит 8 заданий;
- оценивается:
 - ответ на каждый вопрос, максимальный балл – 8 баллов;
 - количество правильно выполненных тестовых заданий, максимальный балл – 5 баллов.

Вопросы.

1. Магнитное поле. Закон Био – Савара – Лапласа. Магнитное поле движущегося заряда.
2. Применение закона Био – Савара – Лапласа к расчету магнитных полей.
3. Сила Лоренца. Закон Ампера.
4. Закон полного тока для магнитного поля вакууме. Магнитные поля соленоида и тороида. Теорема Гаусса для магнитного поля в вакууме.
5. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
6. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц.
7. Эффект Холла.
8. Магнитные моменты электронов и атомов. Атом в магнитном поле. Диамагнетики и парамагнетики.
9. Закон полного тока для магнитного поля в веществе. Ферромагнетики.
10. Закон электромагнитной индукции. Вихревые токи (токи Фуко).
11. Самоиндукция. Токи при размыкании и замыкании цепи.
12. Взаимная индукция. Трансформаторы. Энергия магнитного поля.
13. Общая характеристика теории Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения.
14. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля.

Типовые тесты по разделу «Магнетизм».

Вариант теста 1.

Задание 1.

Источниками магнитных полей могут быть:

- 1) проводники с электрическим током и магнитные заряды;
- 2) покоящиеся электрические и магнитные заряды;
- 3) проводники с электрическим током и движущиеся электрические заряды;**
- 4) проводники с электрическим током и покоящиеся электрические заряды;
- 5) только проводники с электрическим током.

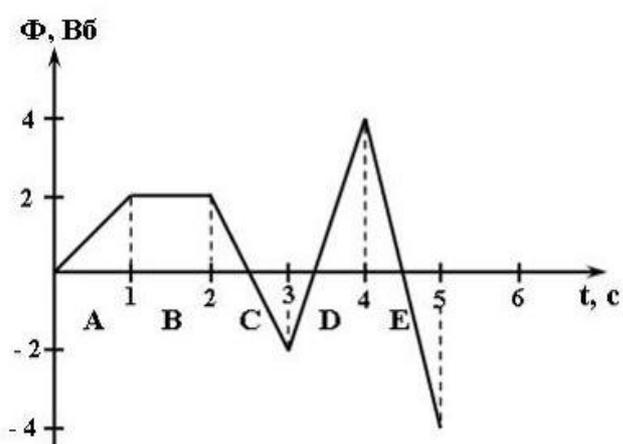
Задание 2.

Катушка состоит из 8 витков, по которым течет ток 1 А. Как изменится напряженность магнитного поля в катушке, если к ней добавить еще 4 таких же витка и пустить ток 2 А?

- 1) Увеличится в 2 раза;
- 2) **увеличится в 3 раза;**
- 3) увеличится в 1,5 раза;
- 4) уменьшится в 1,5 раза;
- 5) уменьшится в 3 раза.

Задание 3.

На рисунке представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени.



ЭДС индукции в контуре равна нулю в интервале

- 1) А;
- 2) В;**
- 3) С;
- 4) D;
- 5) E.

Задание 4.

Квадратная рамка со стороной $a = 4$ см и сопротивлением $R = 2$ Ом находится в однородном магнитном поле ($B = 0,1$ Тл), линии индукции которого перпендикулярны плоскости рамки. Какой силы ток пойдет по рамке, если ее резко выдвинуть из области магнитного поля со скоростью $v = 5$ м/с?

- 1) 20 мА;
- 2) 15 мА;
- 3) 10 мА;**
- 4) 0 мА;
- 5) 50 мА;
- 6) 100 мА.

Задание 5.

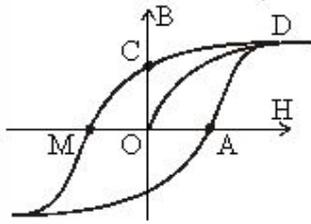
Физическая величина, показывающая, во сколько раз магнитная индукция в веществе отличается от магнитной индукции внешнего поля в вакууме, это

- 1) магнитная проницаемость;**
- 2) магнитная восприимчивость;
- 3) намагниченность;
- 4) напряженность магнитного поля;
- 5) общий магнитный момент атома.

Задание 6.

На рисунке приведена петля гистерезиса (B – индукция, H – напряженность

магнитного поля).



Остаточной намагниченности соответствует точка:

- 1) O
- 2) A
- 3) C
- 4) D
- 5) M.

Задание 7.

Первое уравнение Максвелла имеет вид:

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} = - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}.$$

Это уравнение является обобщением:

- 1) закона электромагнитной индукции;
- 2) закона полного тока в среде;
- 3) теоремы Остроградского — Гаусса для электростатического поля в среде;
- 4) теоремы Остроградского — Гаусса для магнитного поля.

Задание 8.

Следующая система уравнений Максвелла:

$$\begin{aligned} \oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} &= - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \\ \oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} &= \int_{(S)} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S} \\ \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} &= \int_{(V)} \rho dV \\ \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} &= 0 \end{aligned}$$

справедлива для переменного электромагнитного поля

- 1) в отсутствие заряженных тел;
- 2) в отсутствие токов проводимости;
- 3) при наличии заряженных тел и токов проводимости;
- 4) в отсутствие заряженных тел и токов проводимости.

Вариант теста 2.



Задание 1.

На рисунке изображены сечения двух параллельных прямолинейных длинных проводников, по которым текут в противоположных направлениях токи, причем I_1 больше I_2 . Индукция \vec{B} магнитного поля равна нулю в некоторой точке участка

- 1) *d* 2) *c* 3) *a* 4) *b*.

Как ведет себя рамка с током при произвольном помещении ее во внешнее магнитное поле?

- 1) Начинает вращаться с постоянной скоростью;
- 2) устанавливается перпендикулярно вектору магнитной индукции;**
- 3) устанавливается параллельно вектору магнитной индукции;
- 4) начинает вращаться с постоянно возрастающей скоростью;
- 5) остается в прежнем положении.

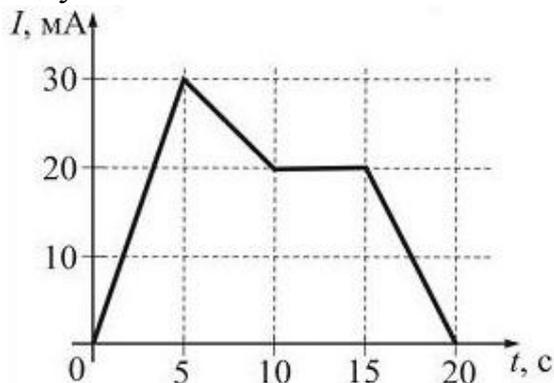
Задание 3.

Индуктивность контура зависит от...

- 1) формы и размеров контура, магнитной проницаемости среды;**
- 2) силы тока, протекающего в контуре;
- 3) скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную контуром;
- 4) материала, из которого изготовлен контур;
- 5) величины ЭДС в контуре.

Задание 4.

На рисунке показана зависимость силы тока от времени в электрической цепи с индуктивностью 1 Гн.



Модуль среднего значения ЭДС самоиндукции в интервале от 10 до 15 с равен

- 1) 4 мВ;
- 2) 2 мВ;
- 3) 0;**
- 4) 6 мВ;
- 5) 3 мВ.

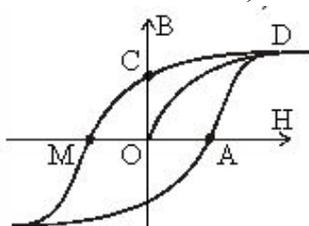
Задание 5.

В каких единицах измеряется магнитная восприимчивость χ вещества?

- 1) в теслах (Тл);
- 2) в амперах (А);
- 3) в генри (Гн);
- 4) в амперах на метр (А/м);
- 5) это безразмерная величина;**
- 6) в джоулях на метр в кубе (Дж/м³).

Задание 6.

На рисунке приведена петля гистерезиса (В – индукция, Н – напряженность магнитного поля).



Индукции насыщения соответствует точка:

- 1) O
- 2) A
- 3) C
- 4) D**

5) М.

Задание 7.

Четвертое уравнение Максвелла имеет вид:

$$\oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Его физический смысл состоит в следующем:

- 1) силовые линии магнитного поля замкнуты, магнитных зарядов не существует;
- 2) источниками вихревого магнитного поля являются токи проводимости и изменяющееся со временем электрическое поле;
- 2) изменяющееся со временем магнитное поле порождает вихревое электрическое поле;
- 4) источником электрического поля являются свободные электрические заряды.

Задание 8.

Следующая система уравнений Максвелла

$$\begin{aligned} \oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} &= - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \\ \oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} &= \int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S} \\ \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} &= 0 \\ \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} &= 0 \end{aligned}$$

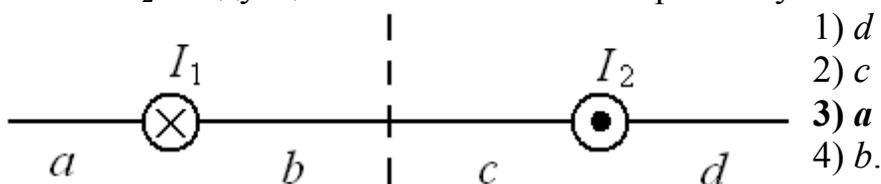
справедлива для переменного электромагнитного поля...

- 1) в отсутствие токов проводимости;
- 2) в отсутствие заряженных тел;
- 3) при наличии заряженных тел и токов проводимости;
- 4) в отсутствие заряженных тел и токов проводимости.

Вариант теста 3.

Задание 1.

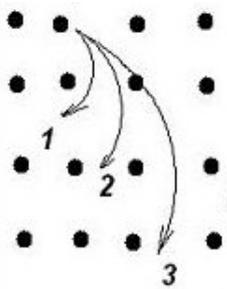
На рисунке изображены сечения двух параллельных прямолинейных длинных проводников, по которым текут в противоположных направлениях токи, причем I_1 меньше I_2 . Индукция \vec{B} магнитного поля равна нулю в некоторой точке участка



- 1) d
- 2) c
- 3) a
- 4) b .

Задание 2.

Ионы, имеющие одинаковые скорости, но разные удельные заряды, влетают в однородное магнитное поле, индукция которого направлена «к нам». Их траектория приведена на рисунке. Величина наибольшего удельного заряда



соответствует траектории...

1) не хватает данных для ответа на вопрос;

2) 3;

3) 1;

4) характеристики траекторий не зависят от величины удельных зарядов;

5) 2.

Задание 3.

Явление электромагнитной индукции состоит в

1) возникновении магнитного поля вблизи проводника при пропускании по нему тока;

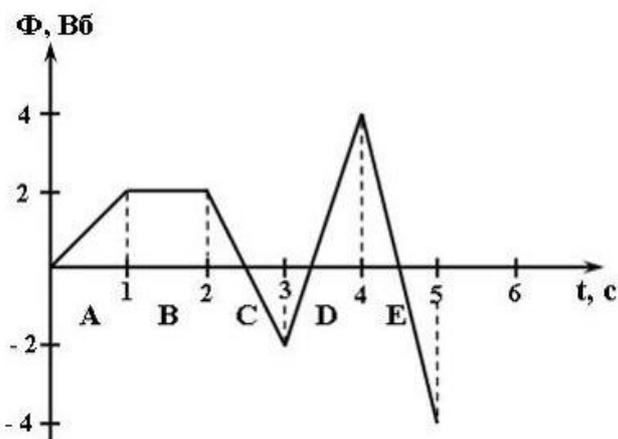
2) возникновении ЭДС в проводящем контуре при изменении силы тока в нем;

3) возникновении ЭДС в проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур;

4) вытеснении из проводника тока, изменяющегося с высокой частотой.

Задание 4.

На рисунке представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени.



ЭДС индукции в контуре максимальна по модулю в интервале

1) A;

2) B;

3) C;

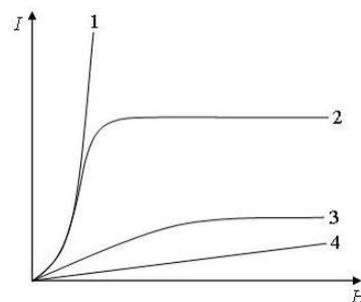
4) D;

5) E.

Задание 5.

На рисунке представлены графики, отражающие характер зависимости величины намагниченности I вещества (по модулю) от напряженности магнитного поля H .

Укажите зависимость, соответствующую диамагнетикам.



1) 1

2) 2

3) 3

4) 4.

Задание 6.

Четыре веществ имеют различные относительные магнитные проницаемости μ . Ферромагнетиком среди этих веществ является вещество с магнитной проницаемостью ...

- 1) $\mu = 2000$; 2) $\mu = 1,00023$; 3) $\mu = 0,9998$; 4) $\mu = 1$.

Задание 7.

Второе уравнение Максвелла имеет вид:

$$\oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} = \int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S}.$$

Его физический смысл состоит в следующем:

- 1) изменяющееся со временем магнитное поле порождает вихревое электрическое поле;
- 2) «магнитных зарядов» не существует: силовые линии магнитного поля замкнуты;
- 3) источником вихревого магнитного поля помимо токов проводимости является изменяющееся со временем электрическое поле;**
- 4) источником электрического поля являются свободные электрические заряды.

Задание 8.

Следующая система уравнений Максвелла:

$$\begin{aligned} \oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} &= 0 \\ \oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} &= \int_{(S)} \vec{j} d\vec{S} \\ \oint_{(S)} \vec{D} d\vec{S} &= \int_{(V)} \rho dV \\ \oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} &= 0 \end{aligned}$$

справедлива для...

- 1) стационарного электромагнитного поля в отсутствие заряженных тел;
- 2) стационарного электромагнитного поля в отсутствие токов проводимости;
- 3) стационарного электромагнитного поля при наличии заряженных тел и токов проводимости;**
- 4) стационарных электрических и магнитных полей.

Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за письменные ответы на вопросы – 8 баллов,

минимальный – 5 баллов.

8 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

6-7 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

5-6 баллов выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 5 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 5 баллов, минимальный – 3 балла.

5 баллов выставляется, если студент правильно решил 7-8 заданий;

4 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 заданий;

3 балл выставляется, если студент правильно решил 5-6 заданий;

Менее 3 баллов выставляется, если студент правильно решил менее 5 заданий.

2.2.3 Лабораторные работы.

Лабораторные работы по разделу «Электричество»

Лабораторная работа № 2.0

«Фронтальная лабораторная работа. Измерение удельного сопротивления резистивного провода»

Цель работы: ознакомление с техническими методами определения удельного сопротивления; изучение основных приемов работы со стрелочными и цифровыми электроизмерительными приборами; практическое применение методов оценки погрешностей прямых и косвенных измерений

Контрольные вопросы.

1. Причины возникновения погрешностей, виды погрешностей и способы уменьшения.
2. Как определить приборную погрешность стрелочного электроизмерительного прибора? цифрового мультиметра?
3. Какие измерения называются прямыми? Как проводится обработка результатов прямых измерений?
4. Какие измерения называются косвенными? Как проводится обработка результатов косвенных измерений?
5. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление, проводимость. Удельное сопротивление однородного проводника.
6. Объяснить влияние схемы включения приборов на результат косвенного измерения сопротивления (см. рис. 2 и 3).
7. Пояснить вывод формул для относительных погрешностей косвенно измеряемых величин.

Лабораторная работа № 2.1а

«Законы постоянного тока»

Цель работы: изучить и проверить экспериментально законы Ома и законы Кирхгофа; определить ЭДС источника и его внутреннее сопротивление.

Контрольные вопросы:

1. Что такое сила электрического тока? Как определена единица силы тока в системе единиц СИ?
2. Что такое напряжение? Как определена единица напряжения в системе СИ?
3. Что такое ЭДС? Методика измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника.
4. Законы Ома для участка цепи и для замкнутой цепи.
5. Законы Кирхгофа и их применение к расчету цепей постоянного тока.
6. Как включают в цепь вольтметр? Почему?
7. Как включают в цепь амперметр? Почему?
8. В паспорте мультиметра указана приборная погрешность $N\% + M$ ед. счета. Как определить по этим данным приборную погрешность измерения постоянного напряжения с пределом 200 В и младшим разрядом (разрешением) 0,1 В?

Лабораторная работа № 2.2а

«Исследование температурной зависимости сопротивления нити лампы накаливания при её нагревании электрическим током»

Цель работы: измерение сопротивления различными способами и исследование зависимости сопротивления нити лампы накаливания от температуры.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение проводникам первого и второго рода.
2. Объясните зависимость сопротивления от температуры для проводников 1-го и 2-го рода (с выводом).
3. Объясните принцип измерения сопротивления с помощью амперметра и вольтметра.
4. Выведите точную формулу для расчета R с учётом внутренних сопротивлений амперметра и вольтметра.
5. Почему при изменении силы тока изменяется сопротивление нити лампы накаливания?
6. Как схема включения амперметра и вольтметра (см. рис.) влияет на погрешность измерения? Какая схема включения более пригодна для измерения больших сопротивлений, а какая для измерения малых?
7. Вычислить погрешность измерения сопротивления с помощью этих схем для следующих значений сопротивлений – $R_1=1\text{кОм}$, $R_2=10\text{ Ом}$, $R_A=5\text{ кОм}$, $R_V=2\text{ Ом}$.

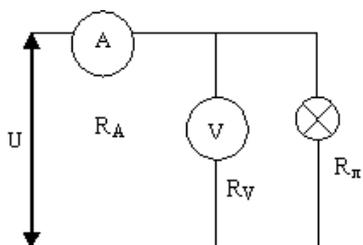


Схема 1

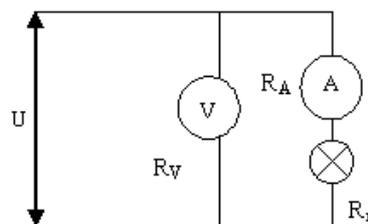


Схема 2

Лабораторная работа № 2.4

«Изучение явления термоэлектронной эмиссии на примере электровакуумного диода»

Цель работы: определение температуры катода и работы выхода электронов из катода.

Контрольные вопросы.

1. Что называется явлением термоэлектронной эмиссии?
2. Почему на границе металла образуется двойной электрический слой, препятствующий вылету электронов?
3. Что называется работой выхода электронов из металла?
4. Объясните принцип работы вакуумного диода.
5. Объясните качественный ход вольт-амперной характеристики вакуумного диода.
6. Почему при увеличении температуры катода увеличивается $I_{\text{нас}}$?
7. Объясните методику нахождения температуры катода, сопротивления катода.
8. Объясните методику нахождения работы выхода.

Лабораторная работа № 2.7

«Изучение электростатического поля»

Цель работы: экспериментальное изучение электростатического поля и его описание с помощью силовых линий и эквипотенциальных поверхностей.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите и поясните основные свойства электрического заряда. Сформулируйте закон Кулона и укажите область его применимости.
2. Поясните смысл и свойства величин, характеризующих электрическое поле. Выведите связь между напряженностью и потенциалом.
3. Работа и потенциальная энергия заряда в электростатическом поле. Определение и свойства потенциального поля.
4. Дайте определение силовых линий и эквипотенциальных поверхностей. Нарисуйте силовые линии и эквипотенциальные поверхности двух разноименных и одноименных равных по модулю точечных зарядов.
5. Докажите, что силовые линии перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.

Лабораторная работа № 2.8

«Изучение процесса заряда и разряда конденсатора и определение его параметров»

Цель работы: измерение емкости плоского конденсатора, измерение диэлектрической проницаемости различных материалов, изучение разряда конденсатора через сопротивление.

Контрольные вопросы.

1. Конденсатор, виды конденсаторов, параметры.
2. Какие токи называются квазистационарными? Почему к переходным процессам можно применить законы Ома и Кирхгофа?
3. Объясните процесс заряда конденсатора через сопротивление. Как изменяются напряжение и ток в зависимости от времени заряда? Как расходуется энергия источника в процессе заряда?
4. Объясните процесс разряда конденсатора через сопротивление. Как изменяются напряжение и ток в зависимости от времени разряда? Как расходуется энергия конденсатора во время разряда?
5. Что называется временем релаксации, как его определить?
6. Объясните методику определения емкости конденсатора.
7. Объясните методику определения диэлектрической проницаемости.

Лабораторная работа № 2.14

«Определение электроёмкости конденсатора с помощью баллистического гальванометра»

Цель работы: экспериментальное определение динамической постоянной баллистического гальванометра и ёмкости конденсатора.

Контрольные вопросы

1. Что такое электроёмкость? В каких единицах она измеряется в системах СИ, СГСЭ?
2. Объясните устройство и принцип действия баллистического гальванометра?
3. Какая электрическая величина измеряется с помощью баллистического гальванометра?
4. Каков физический смысл динамической постоянной β ?
5. Какую величину измерит баллистический гальванометр, если к нему подключить источник постоянного тока?
6. Опишите процесс разрядки конденсатора; приведите формулу для тока разряда конденсатора через некоторое сопротивление.

Лабораторная работа № 2.16

«Изучение процессов заряда и разряда конденсатора (ФПЭ-08)»

Цель работы: изучение заряда и разряда конденсатора при различных параметрах емкости и сопротивления электрической цепи и вычисление времени релаксации.

Контрольные вопросы

1. Электроёмкость. Виды конденсаторов.
2. Опишите процесс заряда конденсатора. Зависимость напряжения на конденсаторе $U(t)$ и тока $I(t)$ от времени во время заряда.
3. Опишите процесс разряда конденсатора. Зависимость напряжения на конденсаторе $U(t)$ и тока $I(t)$ от времени во время разряда.
4. Дайте определение «половинного времени» и времени релаксации.
5. Методика определения «половинного времени» и времени релаксации, используя кривую разряда с помощью двух методов.

Критерии и шкалы оценивания.

Лабораторный практикум по разделу «Электричество» включает 3 работы. За каждую работу выставляется максимум 5 баллов.

4,5-5,0 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил работу по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,5-4,5 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,0-3,5 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 3,0 баллов выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

13-15 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выразалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

10-13 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

9-10 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 9 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

Лабораторные работы по разделу «Магнетизм»

Лабораторная работа № 2.6

«Определение горизонтальной и вертикальной составляющей напряженности магнитного поля Земли»

Цель работы: определить экспериментально горизонтальную составляющую земного магнитного поля на данной широте с помощью тангенс-буссоли и горизонтальную и вертикальную составляющую магнитного поля с помощью индуктора

Контрольные вопросы.

1. Что такое магнитное поле? Каковы его источники? Характеристики магнитного поля.
2. Закон Био-Савара-Лапласа.
3. Поле в центре кругового контура с током (вывод).
4. Явление электромагнитной индукции.
5. Элементы земного магнетизма.
6. Метод тангенс-буссоли для измерения магнитного поля Земли.
7. Метод, использующий электромагнитную индукцию для измерения магнитного поля Земли.

Лабораторная работа № 2.9

«Изучение эффекта Холла»

Цель работы: изучение эффекта Холла при изменении величины и направления тока через объект исследования (датчик Холла) и через электромагнит, определение постоянной Холла и концентрации носителей тока в исследуемом материале.

Контрольные вопросы.

1. Опишите движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Рассмотрите все возможные траектории.
2. В чем состоит эффект Холла?
3. Выведите формулу холловской разности потенциалов для металлов.
4. От чего зависит постоянная Холла R_H ?
5. Каким образом, зная постоянную Холла R_H , можно определить среднюю скорость носителей заряда в проводнике?
6. Каковы размерности коэффициентов k_1 и k_2 ?
7. Каково практическое применение эффекта Холла?

Лабораторная работа № 2.10

«Изучение магнитного поля соленоида с помощью датчика Холла»

Цель работы: исследование магнитного поля на оси соленоида с использованием датчика Холла.

Контрольные вопросы.

1. Закон Био – Савара – Лапласа.
2. Рассчитать индукции магнитного поля на оси кругового витка с током.
3. Объяснить расчет индукции магнитного поля на оси соленоида.

4. В чем заключается эффект Холла. Вывести формулу для расчета U_x .
5. Объяснить полученные в работе экспериментальные зависимости.

Лабораторная работа № 2.11

«Измерение удельного заряда электрона методом магнетрона»

Цель работы: Определить удельный заряд электрона методом магнетрона и выяснить влияние магнитного поля на движение электрона.

Контрольные вопросы:

1. Опишите движение частиц в электрическом и магнитном полях в следующих случаях:
 - a) $v = 0, \vec{E} \neq 0, \vec{B} \neq 0$;
 - b) $u // B, E = 0, E \neq 0$;
 - c) $u \perp B, E = 0, E \neq 0$;
 - d) u под углом α к $B, E = 0, E \neq 0$;
 - e) $\vec{B} \perp \vec{E}$. Когда частица движется прямолинейно?
2. Устройство магнетрона.
3. Как влияют на движение электронов: а. – анодное напряжение; б. – ток катушки.
4. Объяснить методику определения удельного заряда электрона.
5. Вывести формулу для расчета q/m .

Лабораторная работа № 2.15

«Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью осциллографа»

Цель работы: изучить экспериментально зависимость индукции B магнитного поля внутри ферромагнетика от индукции внешнего магнитного поля B_0 , по снятой зависимости научиться определять потери энергии на перемагничивание.

Контрольные вопросы.

1. Магнитное поле в среде. Гипотеза Ампера. Укажите характеристики магнитного поля в веществе (магнитная индукция, напряженность магнитного поля, вектор намагниченности, магнитная проницаемость вещества).
2. Виды магнетиков (диа-, пара-, ферромагнетики).
3. Опишите каждый участок петли гистерезиса, полученной в лабораторной работе.
4. Поясните зависимость магнитной индукции \vec{B} и магнитной проницаемости вещества μ от магнитной индукции \vec{B}_0 по полученным в лабораторной работе графикам.
5. От чего зависит ширина петли гистерезиса?

Лабораторная работа № 2.17

«Изучение магнитного поля токовых систем»

Цель работы: 1) ознакомиться с методикой измерения магнитного поля с помощью индукционного датчика; 2) исследовать магнитные поля простейших

токовых систем: короткой катушки с током, катушек Гельмгольца, длинного соленоида, двух длинных соленоидов.

Контрольные вопросы.

1. Магнитное поле. Силовая характеристика магнитного поля. Закон Био – Савара – Лапласа.
2. Магнитное поле бесконечного прямого проводника с током.
3. Магнитное поле контура с током, короткой катушки.
4. Катушки Гельмгольца. Какие магнитные поля можно получить с помощью катушек Гельмгольца?
5. Магнитное поле длинного соленоида.
6. Закон электромагнитной индукции.
7. Методика измерения магнитного поля с помощью индукционного датчика.

Лабораторная работа № 2.18

«Изучение явления взаимной индукции»

Цель работы: исследование явления взаимной индукции двух коаксиально расположенных катушек.

Контрольные вопросы.

1. Закон электромагнитной индукции и его вывод из закона сохранения энергии. Правило Ленца.
2. Что такое индуктивность? В каких единицах она измеряется в системе СИ, СГСМ? Формулы расчета индуктивности витка, короткой катушки, бесконечного соленоида (с выводом). Зависит ли индуктивность катушки с немагнитным сердечником от тока в ее обмотке? Почему?
3. Что такое взаимная индукция? Что показывает взаимная индуктивность контуров, от чего она зависит и в каких единицах измеряется?
4. Напряженность и энергия магнитного поля системы двух контуров в условиях взаимной индукции. Какие изменения произойдут при добавлении в систему третьего контура с током?
5. Как изменяется взаимная индуктивность при перемене катушек местами? Теорема взаимности для системы двух контуров и ее доказательство.
6. Как влияет частота напряжения на одной из катушек на ЭДС в другой катушке?
7. Как ослабить взаимную индукцию там, где она нежелательна? Как усилить взаимную индукцию там, где она требуется (например, между обмотками трансформатора)?

Критерии и шкалы оценивания.

Лабораторный практикум по разделу «Магнетизм» включает в себя 2 работы. За защиту каждой лабораторной работы выставляется максимум 5 баллов.

4,5-5,0 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил работу по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выразалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,5-4,5 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,0-3,5 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 3,0 баллов выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

9-10 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выразалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

7-9 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

6-7 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 6 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

2.2.4 Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)

Комплекты задач (варианты) для ИДЗ формируются в соответствии с учебно-методическим пособием для выполнения индивидуальных домашних заданий. Комплект (вариант) включает по 5 задач на каждый раздел. Максимальный балл за ИДЗ – 10 баллов.

Типовые задачи для ИДЗ во 2 семестре (разделы «Электричество», «Магнетизм»).

Задача 1. Два одинаковых металлических шарика заряжены одноименно так, что величина заряда на одном шарике в 5 раз больше, чем на другом. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Во сколько раз изменилась сила взаимодействия между шарами?

<p><i>Дано:</i></p> <p>$r_1 = r_2$</p> <p>$q_1 / q_2 = 5$</p> <p>$F_2 / F_1 = ?$</p>	<p><i>Решение:</i></p> <p>1. Будем считать, что оба шарика заряжены положительно. Для определения силы взаимодействия в обоих случаях воспользуемся законом Кулона:</p>
---	---

$$F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r_1^2}, \quad F_2 = k \frac{q'_1 q'_2}{r_2^2} \quad (1),$$

где q'_1 и q'_2 - заряды шариков после того, как их привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние.

2. Так как шарики одинаковые, то $q'_1 = q'_2$.

3. По закону сохранения электрического заряда можно записать: $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$, или $5q_2 + q_2 = 2q'_1$, откуда

$$q'_1 = 3q_2 \quad (2).$$

4. С учетом (1) и (2) найдем отношение сил:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{(k \cdot 3q_2 \cdot 3q_2 \cdot r_1^2)}{(r_2^2 \cdot k \cdot 5q_2 \cdot q_2)} = \frac{9}{5}$$

Ответ: $F_2 / F_1 = 1,8$ (сила взаимодействия увеличилась в 1,8 раза).

Задача 2. Рассчитать напряженность поля, создаваемого равномерно заряженным ($\tau = 5$ нКл/м) тонким кольцом радиусом $R = 15$ см в точке A . Точка A лежит на перпендикуляре к центру кольца, на расстоянии $a = 10$ см от него (рис.1).

<i>Дано:</i>	<i>СИ</i>
$\tau = 5$ нКл/м	$5 \cdot 10^{-9}$ Кл/м
$R = 15$ см	0,15 м
$\epsilon = 1$	
$a = 10$ см	0,1 м
$E - ?$	

Решение:

1. Поскольку кольцо не является заряженной материальной точкой, то для того, чтобы воспользоваться формулами для точечного заряда,

разобьем его на элементарные отрезки длиной dl , несущие заряд $dq = \tau dl$ ($\tau = q/\ell$). Тогда полный заряд кольца будем рассчитывать по формуле:

$$Q = \int dq = \tau \cdot 2\pi R \quad (1)$$

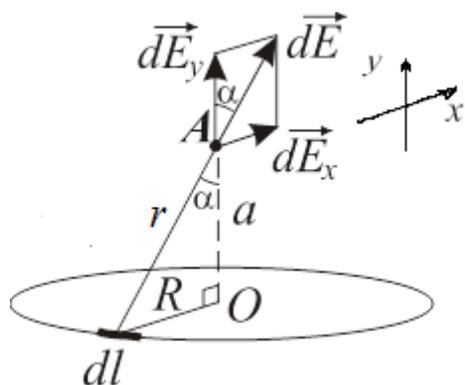


Рисунок 1 – Пояснение к задаче 2

2. Воспользуемся формулами для точечного заряда:

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} = k \frac{dq}{(\sqrt{a^2 + R^2})^2} \quad (2)$$

3. Разложим вектор \vec{dE} на 2 составляющие - \vec{dE}_x и \vec{dE}_y :

$$dE_x = dE \sin \alpha, \quad dE_y = dE \cos \alpha \quad (3)$$

где

$$\sin \alpha = R/r, \quad \cos \alpha = a/r \quad (4)$$

4. С учетом (3) и (4) получим из (1) следующие соотношения:

$$dE_x = dE \sin \alpha, \quad dE_y = k \frac{a dq}{(a^2 + R^2)^{3/2}} \quad (5)$$

5. В силу симметрии для напряженности $\int dE_x = 0$, поэтому находим только один интеграл:

$$E = \int dE_y = \int_0^Q k \frac{a dq}{(a^2 + R^2)^{3/2}} = k \frac{2\pi a R}{(a^2 + R^2)^{3/2}} \quad (6)$$

6. Подставим в (6) числовые значения:

$$E = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 0.1 \cdot 0.15}{(0.15^2 + 0.1^2)^{3/2}} = 723,5$$

7. Проверим размерность конечной величины: $[E] = \frac{\text{м Кл} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\Phi \text{ м} \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{Кл}}{\Phi \cdot \text{м}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

Ответ: $E = 723,5$ В/м.

Задача 3. Десять одинаковых капель ртути, заряженных до потенциала $\phi = 10$ В, сливаются в одну большую каплю. Каков потенциал ϕ_k образовавшейся капли? Потенциал поля, создаваемого заряженной шарообразной каплей, при расстоянии от ее центра больше ее радиуса находить по формуле как для точечного заряда.

Дано:

$$N = 10$$

$$\phi = 10 \text{ В}$$

$$\phi_k = ?$$

Решение: 1. Потенциал каждой малой капли: $\phi = kq/r$.

Потенциал большой капли: $\phi_k = kNq/R$.

2. Из равенства объемов большой капли и суммы малых капель –

$$N(4/3)\pi r^3 = (4/3)\pi R^3 \text{ – получим:}$$

$$R = r N^{1/3}$$

3. Отсюда:

$$\phi_{\kappa} = k \frac{Nq}{R} = Nk \frac{q}{r N^{1/3}} = N^{2/3} \phi$$

4. Подставляем числовые значения: $\phi_{\kappa} = 10^{2/3} \cdot 10\text{В} = 46.5\text{В}$.

Ответ: $\phi_{\kappa} = 46.5\text{В}$.

Задача 4. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Электроёмкость C такой батареи конденсаторов равна 89 пФ. Площадь S каждой пластины равна 100 см^2 . Диэлектрик - стекло. Какова толщина d стекла?

Дано: **СИ**
 $C_{\text{общ}} = 89\text{ пФ}$ $89 \cdot 10^{-12}\text{ Ф}$
 $S = 100\text{ см}^2$ 10^{-2} м^2
 $\varepsilon = 7$
 $d - ?$



Решение:

Рисунок 2 – Пояснение к задаче 4.

1. По условию задачи $C_1 = C_2 = C_3 = C$.
2. Электроёмкость батареи конденсаторов при их последовательном соединении (рис. 2):

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{3}{C}; \quad C_{\text{общ}} = \frac{C}{3} \quad (1)$$

3. Электроёмкость каждого плоского конденсатора вычисляется по формуле:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \quad (2)$$

4. Тогда для батареи из трех конденсаторов:

$$C_{\text{общ}} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \cdot \frac{1}{3} \quad (3)$$

5. Выразим из (3) величину d :

$$d = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{3 C_{\text{общ}}} \quad (4)$$

6. Подставим в (4) числовые значения:

$$d = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 7 \cdot 10^{-2}}{3 \cdot 89 \cdot 10^{-12}} = 0.232 \cdot 10^{-2}$$

7. Проверим размерность полученной величины:

$$[d] = \frac{\text{Ф} \cdot \text{м}^2}{\text{м} \cdot \text{Ф}} = \text{м}$$

$$d = 0.232 \cdot 10^{-2}\text{ м} = 2.32\text{ мм}$$

Ответ: $d = 2.32\text{ мм}$.

Задача 5 Генератор мощностью P вырабатывает электроэнергию, которая передается потребителю по проводам, общее сопротивление которых равно R . Напряжение генератора U . Определить отношение мощности, выделяемой на нагрузке у потребителя, к мощности генератора $P_{\text{потр}}/P$. Сопротивлением генератора пренебречь.

Дано:

P

R

U

$P_{\text{потр}}/P - ?$

Решение: 1. Провода и нагрузка подключены к генератору последовательно. Поэтому в цепи по проводам и нагрузке протекает одинаковый ток. Так как известна мощность генератора и

вырабатываемое им напряжение, то

$$P = UI,$$

где I – сила тока в цепи. Следовательно, $I = P/U$.

2. Тепловая мощность, которая выделяется на проводах:

$$P_{\text{пр}} = I^2 R \quad (2)$$

3. Мощность, которая выделяется на нагрузке у потребителя:

$$P_{\text{потр}} = P - P_{\text{пр}} = P - I^2 R. \quad (3)$$

4. Найдем отношение (3) к (1):

$$\frac{P_{\text{потр}}}{P} = \frac{P - I^2 R}{P} = \frac{P - (P/U)^2 R}{P} = 1 - \frac{P R}{U^2}$$

Ответ: $\frac{P_{\text{потр}}}{P} = 1 - \frac{P R}{U^2}$

Задача 6. По тонкому кольцу радиусом $R = 20$ см течет ток $I = 100$ А. Определить магнитную индукцию B на оси кольца в точке A (рис 3). Угол $\alpha = \pi/3$.

Дано:

СИ

$I = 100$ А

$R = 20$ см

0,2 м

$\alpha = \pi/3$

$B - ?$

Решение:

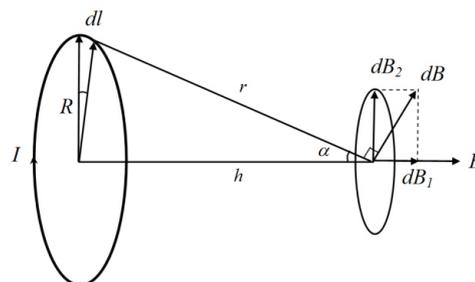


Рис. 3.

1. Для решения задачи воспользуемся законом Био–Савара– Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I [d\vec{\ell} \times \vec{r}]}{r^3}, \quad (1)$$

где $d\vec{B}$ – магнитная индукция поля, создаваемого элементом тока $I d\vec{\ell}$ в точке, определяемой радиус-вектором \vec{r} .

2. Выделим на кольце элемент $d\ell$ и от него в точку проведем радиус-вектор r . Вектор $d\vec{B}$ направим в соответствии с правилом буравчика. Согласно принципу суперпозиции магнитных полей, магнитная индукция в точке определяется интегрированием:

$$B = \int_{\ell} d\vec{B}, \quad (2)$$

где интегрирование ведется по всем элементам $d\ell$ кольца.

3. Разложим вектор $d\vec{B}$ на две составляющие: $d\vec{B}_1$, перпендикулярную плоскости кольца, и $d\vec{B}_2$, параллельную плоскости кольца: $d\vec{B} = d\vec{B}_1 + d\vec{B}_2$. Тогда:

$$\vec{B} = \int_{\ell} d\vec{B}_1 + \int_{\ell} d\vec{B}_2. \quad (3)$$

4. Поскольку из соображений симметрии $\int_{\ell} d\vec{B}_2 = 0$ и, учитывая, что составляющие векторы $d\vec{B}_1$ от различных элементов $d\ell$ сонаправлены, заменим векторное суммирование (интегрирование) скалярным:

$$B = \int_{\ell} d B_1, \quad (4)$$

где

$$d B_1 = d B \cos \alpha \quad (5)$$

и

$$d B = \frac{\mu_0 I d\ell}{4\pi r^2}. \quad (6)$$

5. Таким образом, с учетом формул (5)–(6) получим:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} \cos \alpha \int_0^{2\pi R} d\ell = \frac{\mu_0 I \cdot 2\pi R}{4\pi r^2} \cos \alpha = \frac{\mu_0 I R}{2r^2} \cos \alpha. \quad (7)$$

6. Из рис. 3 видно, что $\cos \alpha = R/r$, откуда:

$$r = \frac{R}{\cos \alpha}. \quad (8)$$

7. С учетом (8) окончательно получим:

$$B = \frac{\mu_0 I R}{2r^2} \cos \alpha = \frac{\mu_0 I R}{2R^2} \cos^3 \alpha = \frac{\mu_0 I}{2R} \cos^3 \alpha. \quad (9)$$

8. Подставим в (9) числовые значения:

$$B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2 \cdot 0,2} \cos^3 \left(\frac{\pi}{3} \right) = 3,9 \cdot 10^{-5}.$$

9. Проверим размерность полученной величины:

$$[B] = \frac{\text{Гн} \cdot \text{А}}{\text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}}{\text{А} \cdot \text{м}^2} = \text{Тл}.$$

$$B = 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ Тл} = 39 \text{ мкТл}.$$

Ответ: $B = 39 \text{ мкТл}$.

Задача 7. В однородное магнитное поле с индукцией $B = 150 \text{ мТл}$ помещена прямоугольная рамка со сторонами $a = 4 \text{ см}$ и $b = 6 \text{ см}$ соответственно. Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол 60° .

Определите вращающий момент, действующий на рамку, если по ней течет ток $I = 1$ А.

Дано: **СИ**
 $B = 150$ мТл $0,15$ Тл
 $a = 4$ см $0,04$ м
 $b = 6$ см $0,06$ м
 $\alpha = 60^\circ$
 $I = 1$ А
 $M - ?$

Решение: 1. По определению, вращающий момент равен векторному произведению магнитного момента рамки и магнитной индукции внешнего поля:

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \times \vec{B}] \quad (1)$$

Отсюда модуль вращающего момента:

$$M = p_m B \sin \alpha \quad (2)$$

2. Магнитный момент рамки:

$$p_m = IS, \quad (3)$$

где I – ток, протекающий в рамке; S – площадь рамки, $S = ab$.

3. В итоге получим:

$$M = I a b B \sin \alpha \quad (4)$$

4. Подставим в (4) числовые значения:

$$M = 1 \cdot 0,04 \cdot 0,06 \cdot 0,15 \cdot \sin 60^\circ = 3,1176 \cdot 10^{-4}$$

5. Проверим размерность полученной величины:

$$[M] = \text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{м} \cdot \text{Тл} = \text{А} \cdot \text{м}^2 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$M = 3,1176 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м} = 311,76 \text{ мкН} \cdot \text{м}$$

Ответ: $M = 311,76$ мкН·м.

Задача 8. Соленоид длиной 20 см и диаметром 4 см имеет плотную трехслойную обмотку из провода диаметром 0,1 мм. По обмотке соленоида течет ток 0,1 А. Определить напряженность и индукцию поля в соленоиде, индуктивность соленоида, энергию и объемную плотность энергии поля соленоида.

Дано: **СИ**
 $\ell = 20$ см $0,2$ м
 $D = 4$ см $4 \cdot 10^{-2}$ м
 $d = 0,1$ мм 10^{-4} м
 $I = 0,1$ А
 $H - ?$ $B - ?$
 $L - ?$ $W - ?$
 $w - ?$

Решение: 1. Напряженность поля внутри соленоида:

$$H = In,$$

где I – сила тока в обмотке; $n = N/d$ – число витков, приходящееся на единицу длины соленоида; N – число слоев обмотки; d – диаметр провода. Тогда:

$$H = \frac{IN}{d}$$

$$H = \frac{0,1 \text{ А} \cdot 3}{10^{-4} \text{ м}} = 3000 \text{ А/м} = 3 \text{ кА/м}$$

2. Индукция магнитного поля:

$$B = \mu_0 \mu H \quad (3)$$

$$B = 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} \cdot 1 \cdot 3000 \text{ А/м} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} = 3,8 \text{ мТл}$$

3. Индуктивность соленоида:

$$L = \mu_0 n^2 \ell S \quad (4)$$

где ℓ – длина; $S = \pi D^2/4$ – площадь поперечного сечения соленоида.

Тогда:

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2}{d^2} \ell \frac{\pi D^2}{4} \quad (5)$$

4. Подставим в (5) числовые значения в СИ:

$$L = \frac{1 \cdot 12,56 \cdot 10^{-7} \cdot 3^2 \cdot 0,2 \cdot 3,14 \cdot 4^2 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 1 \cdot 10^{-8}} = 0,28$$

Проверим размерность полученной величины:

$$[L] = \frac{\text{Гн} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2}{\text{м} \cdot \text{м}^2} = \text{Гн}$$

$$L = 0,28 \text{ Гн}$$

5. Объемная плотность энергии магнитного поля:

$$w = \frac{BH}{2} \quad (6)$$

$$w = \frac{3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 3000}{2} = 5,7$$

Проверим размерность:

$$[w] = \frac{\text{Тл} \cdot \text{А}}{\text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{А}}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$$

$$w = 5,7 \text{ Дж/м}^3$$

6. Энергия магнитного поля соленоида:

$$W = \frac{LI^2}{2} \quad (7)$$

$$W = \frac{0,28 \cdot 0,1^2}{2} = 1,4 \cdot 10^{-3}$$

Проверим размерность:

$$[W] = \text{Гн} \cdot \text{А}^2 = \frac{\text{Тл} \cdot \text{м}^2}{\text{А}} \cdot \text{А}^2 = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

$$W = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 1,4 \text{ мДж}$$

Ответ: $H = 3 \text{ кА/м}$; $B = 3,8 \text{ мТл}$; $L = 0,28 \text{ Гн}$; $W = 1,4 \text{ мДж}$; $w = 5,7 \text{ Дж/м}^3$.

Задача 9. В магнитном поле, изменяющемся по закону $B = B_0 \cos(\omega t)$ ($B_0 = 0,1 \text{ Тл}$, $\omega = 4 \text{ с}^{-1}$), помещена квадратная рамка со стороной $a = 50 \text{ см}$. Нормаль к рамке образует с направлением поля угол $\alpha = 45^\circ$. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке в момент времени $t = 5 \text{ с}$.

Дано: СИ

$$B = B_0 \cos(\omega t)$$

$$B_0 = 0,1 \text{ Тл}$$

$$\omega = 4 \text{ с}^{-1}$$

$$a = 50 \text{ см} \quad 0,5 \text{ м}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$t = 5 \text{ с}$$

$$\xi_i - ?$$

Решение: 1. По закону Фарадея, ЭДС индукции равна:

$$\xi_i = -d\Phi/dt,$$

где $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$.

2. Учитывая, что площадь квадрата $S = a^2$, получим:

$$\begin{aligned} \xi_i &= \frac{-d}{dt} (B_0 a^2 \cos(\omega t) \cos \alpha) = -B_0 a^2 \cos \alpha \frac{d}{dt} (\cos(\omega t)) = \\ &= B_0 a^2 \omega \cos \alpha \sin(\omega t) \end{aligned}$$

3. Подставим числовые значения:

$$\xi_i = 0,1 \cdot 0,5^2 \cdot 4 \cdot \cos 45^\circ \cdot \sin(4 \cdot 5) = 0,064$$

Проверим размерность полученной величины:

$$[\xi_i] = \text{Тл} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{м} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}.$$

$$\xi_i = 0,064 \text{ В} = 64 \text{ мВ}.$$

Ответ: $\xi_i = 64 \text{ мВ}$.

Задача 10. Трансформатор с коэффициентом трансформации 0,1 понижает напряжение с $U_1 = 220 \text{ В}$ до $U_2 = 10 \text{ В}$. Сопротивление вторичной обмотки трансформатора составляет $R_2 = 4 \text{ Ом}$. Определить силу тока I_2 во вторичной обмотке трансформатора, пренебрегая потерями энергии в первичной обмотке.

Дано:

$$k = 0,1$$

$$U_1 = 220 \text{ В}$$

$$U_2 = 10 \text{ В}$$

$$R_2 = 4 \text{ Ом}$$

$$I_2 - ?$$

Решение: 1. Связь между коэффициентом трансформации k и ЭДС в обмотках трансформатора:

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1} = k,$$

где N_2, N_1 – число витков во вторичной и первичной обмотках трансформатора соответственно.

2. Из (1) получим:

$$\varepsilon_2 = k\varepsilon_1. \quad (2)$$

3. ЭДС на входе трансформатора ε_1 равна напряжению на первичной обмотке U_1 :

$$\varepsilon_1 = U_1. \quad (3)$$

4. ЭДС во вторичной обмотке ε_2 связана с напряжением U_2 в этой обмотке соотношением:

$$\varepsilon_2 = I_2 R_2 + U_2. \quad (4)$$

5. Из соотношений (2) и (4) имеем:

$$k\varepsilon_1 = I_2 R_2 + U_2,$$

или с учетом (2):

$$kU_1 = I_2 R_2 + U_2. \quad (5)$$

6. Выразим из (5) ток I_2 :

$$I_2 = \frac{kU_1 - U_2}{R_2}. \quad (6)$$

7. Подставим в (6) значения:

$$I_2 = \frac{0,1 \cdot 220 \text{ В} - 10 \text{ В}}{4 \text{ Ом}} = 3 \text{ А}.$$

Ответ: $I_2 = 3 \text{ А}$.

Критерии и шкалы оценивания.

9-10 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи с подробными пояснениями вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

7-9 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины в части задач.

6-7 балла выставляется, если студент правильно решил все задачи, но не дал пояснений по ходу решения и не проверил размерность конечной величины в большей части задач.

Менее 6 баллов выставляется, если студент не решил или неправильно решил хотя бы одну задачу.

2.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.

Формой промежуточной аттестации является экзамен в конце семестра, проводимый в традиционной форме.

2.3.1 Оценочные средства для проведения экзамена.

Вопросы к экзамену.

1. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
2. Напряженность электрического поля. Потенциал электростатического поля.
3. Электростатическое поле электрического диполя в вакууме.
4. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме. Применение теоремы Гаусса к расчету электростатических полей в вакууме.
5. Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Поляризованность. Напряженность поля в диэлектрике.
6. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Условия на границе раздела двух диэлектрических сред.
7. Проводники в электростатическом поле. Электрическая емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Энергия заряженных проводников и электростатического поля.
8. Электрический ток и его характеристики. Сторонние силы. Электродвижущая сила и напряжение.
9. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводников.
10. Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца.
11. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа.
12. Элементарная классическая теория металлов. Работа выхода электрона из металла. Виды электронной эмиссии.
13. Ионизация газов. Несамостоятельный газовый разряд.
14. Самостоятельный газовый разряд и его типы.
15. Плазма и ее свойства.
16. Магнитное поле. Закон Био – Савара – Лапласа. Магнитное поле движущегося заряда.
17. Применение закона Био – Савара – Лапласа к расчету магнитных полей.
18. Сила Лоренца. Закон Ампера.
19. Закон полного тока для магнитного поля вакууме. Магнитные поля соленоида и тороида. Теорема Гаусса для магнитного поля в вакууме.
20. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
21. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц.
22. Эффект Холла.
23. Магнитные моменты электронов и атомов. Атом в магнитном поле. Диамагнетики и парамагнетики.
24. Закон полного тока для магнитного поля в веществе. Ферромагнетики.
25. Закон электромагнитной индукции. Вихревые токи (токи Фуко).

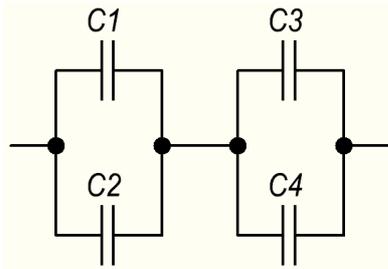
26. Самоиндукция. Токи при размыкании и замыкании цепи.
27. Взаимная индукция. Трансформаторы. Энергия магнитного поля.
28. Общая характеристика теории Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения.
29. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля.

Задачи к экзамену.

Раздел «Электричество».

1. Два положительных точечных заряда Q и $4Q$ закреплены на расстоянии $\ell = 60$ см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд Q_1 , так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения заряда возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.
2. Расстояние d между двумя точечными зарядами $Q_1 = +8$ нКл и $Q_2 = -5.3$ нКл равно 40 см. Вычислить напряженность E поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему будет равна напряженность, если второй заряд будет положительным?
3. На металлической сфере радиусом $R = 10$ см находится заряд $Q = 1$ нКл. Определить напряженность E электрического поля в следующих точках: 1) на расстоянии $r_1 = 8$ см от центра сферы; 2) на поверхности ее; 3) на расстоянии $r_2 = 15$ см от центра сферы. Построить график зависимости $E(r)$.
4. Заряды $Q_1 = 1$ мкКл и $Q_2 = -1$ мкКл находятся на расстоянии $d = 10$ см. Определить напряженность E и потенциал φ поля в точке, удаленной на расстояние $r = 10$ см от первого заряда и лежащей на линии, проходящей через первый заряд перпендикулярно направлению от Q_1 к Q_2 .
5. Шар радиусом $R_1 = 6$ см заряжен до потенциала $\varphi_1 = 300$ В, а шар радиусом $R_2 = 4$ см – до потенциала $\varphi_2 = 500$ В. Определить потенциал φ шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.
6. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U_1 = 100$ В. Какова будет разность потенциалов U_2 , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора? (Диэлектрическая проницаемость стекла $\epsilon = 7$)

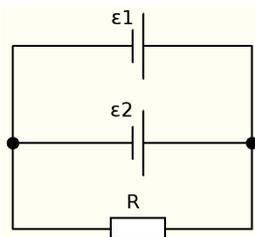
7. Конденсаторы соединены так, как это показано на рисунке. Электроемкости конденсаторов: $C_1 = 0.2$ мкФ, $C_2 = 0.1$ мкФ, $C_3 = 0.3$ мкФ, $C_4 = 0.4$ мкФ. Определить электроемкость C батареи конденсаторов.



8. Найти энергию W уединенной сферы радиусом $R = 4$ см, заряженной до потенциала $\varphi = 500$ В.

9. Напряжение U на шинах электростанции равно 6.6 кВ. Потребитель находится на расстоянии $\ell = 10$ км. Определить площадь S сечения медного провода, который следует взять для устройства двухпроводной линии передачи, если сила тока I в линии равна 20 А и потери напряжения на проводах не должны превышать 3%.

10. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС ε каждого элемента равна 1.2 В, внутреннее сопротивление $r = 0.2$ Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление $R = 1.5$ Ом. Найти силу тока I во внешней цепи.



11. Две батареи аккумуляторов ($\varepsilon_1 = 10$ В, $r_1 = 1$ Ом; $\varepsilon_2 = 8$ В, $r_2 = 2$ Ом) и реостат ($R = 6$ Ом) соединены, как показано на рисунке. Найти силу тока в батареях и реостате.

12. ЭДС батареи аккумуляторов $\varepsilon = 12$ В, сила тока I короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность P_{\max} можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

Раздел «Магнетизм».

1. 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?

2. Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром $d = 0.5$ мм намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу. Какова напряженность H магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I = 4$ А? Толщиной изоляции пренебречь.

3. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи

силой $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А в одном направлении. Расстояние d между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию B в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние $r = 10$ см.

4. Шины генератора представляют собой две параллельные медные полосы длиной $\ell = 2$ м каждая, отстоящие друг от друга на расстоянии $d = 20$ см. Определить силу F взаимного отталкивания шин в случае короткого замыкания, когда по ним течет ток силой $I = 10$ кА.

5. Двукратно ионизированный атом гелия (α -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью $H = 100$ кА/м по окружности радиусом $R = 100$ см. Найти скорость v α -частицы.

6. Перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B = 0.1$ Тл возбуждено электрическое поле напряженностью $E = 100$ кВ/м. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость v частицы.

7. Виток, по которому течет ток силой $I = 20$ А, свободно установился в магнитном поле с индукцией $B = 0.016$ Тл. Диаметр d витка равен 10 см. Определить работу A , которую нужно совершить, чтобы повернуть виток на угол $\alpha = \pi/2$ относительно оси, совпадающей с диаметром. То же, если угол $\alpha = 2\pi$.

8. Прямой провод длиной $\ell = 10$ см помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл. Концы его замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление R всей цепи равно 0.4 Ом. Какая мощность P потребуется для того, чтобы двигать провод перпендикулярно линиям индукции со скоростью $v = 20$ м/с?

9. Проволочный виток радиусом $r = 4$ см, имеющий сопротивление $R = 0.01$ Ом, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0.04$ Тл. Плоскость рамки составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с линиями индукции поля. Какое количество электричества Q протечет по витку, если магнитное поле исчезнет?

10. Сколько витков проволоки диаметром $d = 0.4$ мм с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром $D = 2$ см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью $L = 1$ мГн? Витки плотно прилегают друг к другу.

11. Длинный прямой соленоид, намотанный на немагнитный каркас, имеет $N = 1000$ витков и индуктивность $L = 3$ мГн. Какой магнитный поток Φ и какое потокоцепление Ψ создает соленоид при токе силой $I = 1$ А?

12. Индуктивность L катушки(без сердечника) равна 0.1 мГн. При какой силе тока I энергия W магнитного поля равна 100 мкДж?

Распределение типов билетов по элементам знаний, умений и владений.

Содержание билетов	З1	З2	У1	В1	В2
Билет № 1	+	+	+		+
Билет № 2	+	+	+		+
Билет № 3	+	+	+	+	+
Билет № 4	+	+	+	+	+
Билет № 5	+		+	+	+
Билет № 6	+		+		+
Билет № 7	+	+	+		+
Билет № 8	+	+	+		+
Билет № 9	+	+	+	+	+
Билет № 10	+		+	+	+
Билет № 11	+		+	+	+
Билет № 12	+	+	+		+
Билет № 13	+		+	+	+
Билет № 14	+	+	+		+
Билет № 15	+		+		+
Билет № 16	+	+	+		+
Билет № 17	+	+	+		+
Билет № 18	+		+	+	+
Билет № 19	+	+	+		+
Билет № 20	+	+	+	+	+
Билет № 21	+	+	+	+	+
Билет № 22	+	+	+	+	+
Билет № 23	+		+	+	+
Билет № 24	+	+	+		+
Билет № 25	+		+		+

Критерии и шкалы оценивания.

Итоговая сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS	Градация
90-100	отлично	зачтено	A	отлично
85-89	хорошо		B	очень хорошо
75-84			C	хорошо
70-74			D	удовлетворительно
65-69	удовлетворительно		E	посредственно
60-64			F	неудовлетворительно
ниже 60	неудовлетворительно	не зачтено	F	неудовлетворительно

Оценка **неудовлетворительно** ставится, если студент не смог продемонстрировать ключевые знания и навыки по данной дисциплине.

Оценка **удовлетворительно** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями по данной дисциплине, что может выражаться в неуверенном ответе на вопросы преподавателя, решил экзаменационную задачу только после подсказки преподавателя.

Оценка **хорошо** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями дисциплины, что может выражаться в уверенном ответе на вопросы преподавателя, но не смог сразу разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине законами и моделями, решил самостоятельно задачу, содержащуюся в экзаменационном билете.

Оценка **отлично** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями и смог разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине понятиями, законами и моделями, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя, решил