

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ  
ПО РАЗДЕЛУ "ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ"  
КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

**ОСЕННИЙ СЕМЕСТР 2015 года (1 поток, лектор - профессор Кокшаров Ю.А.)**

1. Электромагнитное взаимодействие и его место среди других взаимодействий в природе. Электрический заряд и его свойства. Микроскопические носители заряда. Закон сохранения электрического заряда. Уравнение непрерывности.
2. Закон Кулона и его полевая трактовка. Вектор напряженности  $E$  электрического поля. Принцип суперпозиции для  $E$ . Нахождение  $E$  в модели непрерывного распределения заряда. Линейная, поверхностная и объемная плотности электрического заряда.
3. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского–Гаусса для напряженности электростатического поля в интегральной форме. Примеры её применения. Дифференциальное представление теоремы Остроградского–Гаусса.
4. Работа сил электростатического поля. Потенциальность электростатического поля, её представление в интегральной и дифференциальной форме. Потенциал. Нормировка потенциала. Формула связи вектора напряженности электростатического поля и потенциала. Примеры её использования.
5. Принцип суперпозиции для электрического потенциала. Потенциал системы точечных зарядов и непрерывного распределения заряда. Уравнения Лапласа и Пуассона для электрического потенциала. Примеры их решений.
6. Электрический точечный диполь. Потенциал и напряженность электростатического поля точечного диполя. Сила, действующая на точечный диполь в электрическом поле. Энергия точечного диполя во внешнем электрическом поле.
7. Свойства проводников в электростатическом поле. Электростатическая индукция. Потенциал проводника. Напряженность поля у поверхности проводника. Влияние кривизны поверхности на величину поверхностного заряда. Электростатическая защита.
8. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроёмкость уединённого проводника. Ёмкостные и потенциальные коэффициенты. Конденсаторы. Факторы, влияющие на электроёмкость конденсатора.
9. Диэлектрики. Вектор поляризации  $P$  и его связь с поляризационными зарядами. Вектор электрической индукции  $D$  (электрического смещения). Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость вещества. Материальные уравнения для векторов  $E$ ,  $D$ ,  $P$  в изотропном линейном диэлектрике.
10. Теорема Остроградского – Гаусса для векторов  $E$ ,  $D$  и  $P$  в интегральной и дифференциальной форме. Граничные условия для векторов  $E$ ,  $D$  и  $P$ . Электростатическое поле в малой полости внутри диэлектрика. Влияние формы диэлектрического тела на внутреннее электростатическое поле.
11. Виды диэлектриков. Электронная теория поляризации диэлектриков. неполярные диэлектрики. Формула Клаузиуса – Моссотти. Локальное поле. Теория Ланжевена для полярных диэлектриков. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости для полярных и неполярных диэлектриков.
12. Энергия системы точечных неподвижных электрических зарядов. Энергия системы заряженных проводников. Энергия взаимодействия заряженных проводников и собственная энергия. Энергия электрического поля и её объемная плотность.
13. Энергия диэлектриков во внешнем электростатическом поле. Пондеромоторные силы, действующие на проводники и диэлектрики в электрическом поле. Энергетический подход к вычислению пондеромоторных электрических сил.
14. Пирозлектрики и сегнетоэлектрики. Доменная структура сегнетоэлектриков. Гистерезис. Точка Кюри сегнетоэлектрика. Применение сегнетоэлектриков. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.

15. Электрический ток. Сила и плотность тока. Линейные проводники. Электрическое поле в проводнике с током и его источники. Уравнение непрерывности. Условие стационарности тока. Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная электропроводность.
16. Сторонние силы. Источники ЭДС. Закон Ома для участка цепи постоянного тока. Закон Ома для неразветвлённой замкнутой цепи. Удельное электросопротивление. Электросопротивление линейных проводников. Постоянный электрический ток в сплошных средах.
17. Закон изменения и сохранения энергии для неразветвлённой цепи постоянного тока. Закон Джоуля – Ленца и его дифференциальная (локальная) форма. Работа и мощность постоянного тока.
18. Разветвленные цепи постоянного тока. Правила Кирхгофа. Эквивалентные ЭДС и сопротивления.
19. Вектор индукции магнитного поля. Сила Лоренца. Вектор индукции магнитного поля равномерно движущегося точечного заряда. Принцип суперпозиции для магнитного поля. Закон Био – Савара – Лапласа. Магнитное поле элемента тока и линейного контура. Линии магнитного поля. Эффект Холла. Сила Ампера.
20. Теорема о циркуляции вектора индукции  $\mathbf{B}$  стационарного магнитного поля в интегральной и дифференциальной форме. Примеры использования теоремы о циркуляции  $\mathbf{B}$  для решения задач магнитостатики.
21. Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток). Коэффициент самоиндукции (индуктивность) и коэффициенты взаимной индукции линейных квазистационарных токов. Формула Неймана.
22. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Природа электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле, его связь с переменным магнитным полем  $\mathbf{B}$  и векторным потенциалом  $\mathbf{A}$ . Индукционные токи в сплошных средах (токи Фуко) и их использование в технике.
23. Закон сохранения и изменения энергии для системы квазистационарных линейных токов. Собственная энергия и энергия взаимодействия (токов). Энергия магнитного поля и его объёмная плотность. Работа сил Ампера. Энергетический подход к вычислению сил, действующих на линейные контуры. Энергетический способ расчёта индуктивных коэффициентов.
24. Уравнение  $\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$ , его следствия. Вихревой характер магнитного поля  $\mathbf{B}$ . Векторный потенциал  $\mathbf{A}$  магнитного поля. Условие калибровки векторного потенциала. Уравнение Пуассона для векторного потенциала и его решение. Примеры использования векторного потенциала.
25. Магнитный момент элементарного тока (магнитного диполя). Векторный потенциал и вектор магнитной индукции поля элементарного тока. Энергия элементарного тока во внешнем поле. Сила и момент сил, действующие на элементарный ток в магнитном поле.
26. Магнитные свойства вещества. Молекулярные токи. Намагниченность  $\mathbf{M}$  и её связь с молекулярными токами. Вектор напряжённости  $\mathbf{H}$  магнитного поля и его источники. Материальные уравнения для векторов  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{H}$  и  $\mathbf{M}$  в линейных изотропных магнетиках.
27. Теоремы Остроградского-Гаусса и теоремы о циркуляции для намагниченности и напряжённости магнитного поля. Граничные условия для векторов  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{H}$  и  $\mathbf{M}$ . Влияние формы магнетика на его намагниченность.
28. Энергия магнитного поля. Энергия линейных изотропных магнетиков. Пондеромоторные силы в магнитном поле.
29. Классификация магнетиков. Микроскопические носители магнетизма. Орбитальный и спиновый магнетизм. Диамагнетизм и парамагнетизм. Ларморова прецессия. Парамагнетизм. Теория Ланжевена. Зависимость диамагнитных и парамагнитных свойств от температуры.
30. Ферромагнетики. Спонтанная намагниченность и температура Кюри. Доменная структура. Гистерезис намагниченности. Остаточная индукция и коэрцитивная сила.

- «Мягкие» и «жесткие» ферромагнетки. Постоянные магниты. Температурная зависимость намагниченности ферромагнетиков. Суперпарамагнетизм.
31. Квазистационарные токи. Условия квазистационарности. Закон Ома и правила Кирхгофа для цепей квазистационарного тока.
  32. Закон изменения и сохранения энергии для цепей квазистационарного тока. Работа и мощность переменного тока. Эффективные значения тока и напряжения. Методы снижения тепловых потерь в цепях переменного тока.
  33. Переходные процессы в цепях квазистационарного тока. Переходные процессы в RC и RL цепях. Постоянные времена RC и RL цепей. Заряд и разряд конденсатора. «Экстратоки» размыкания.
  34. Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Собственные незатухающие колебания в контуре. Уравнение гармонических колебаний и его решение. Роль начальных условий. Энергия гармонических колебаний.
  35. Колебания в связанных контурах. Парциальные колебания и их частоты. Нормальные колебания (моды) и их частоты.
  36. Затухающие колебания в последовательном RLC контуре. Уравнение затухающих колебаний. Частота затухающих колебаний. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Добротность колебательного контура.
  37. Вынужденные электрические колебания. Процесс установления вынужденных колебаний. Переменный синусоидальный ток. Метод векторных диаграмм и метод комплексных амплитуд. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Импеданс. Резонанс в RLC контуре. Добротность.
  38. Техническое использование переменных токов. Генераторы и электродвигатели. Трехфазный ток. Фазное и линейное напряжения. Получение и использование вращающегося магнитного поля.
  39. Принцип действия, устройство, применение трансформаторов. Модель идеального трансформатора. Преобразование напряжения, тока, сопротивления. Роль сердечника.
  40. Система уравнений Максвелла. Материальные уравнения. Взаимосвязь переменных электрического и магнитного полей. Ток смещения. Уравнения Максвелла для квазистационарного электромагнитного поля. Примеры решений уравнений Максвелла.
  41. Высокочастотные токи. Скин-эффект и его следствия. Формула для глубины скин-слоя.
  42. Волновое уравнение как следствие уравнений Максвелла. Электромагнитные волны. Скорость распространения электромагнитных волн. Свойства плоской гармонической бегущей волны. Волновой вектор. Плотность энергии в плоской бегущей электромагнитной волне. Вектор Умова-Пойтинга.
  43. Термоэлектрические эффекты (Зеебека, Пельтье, Томсона).
  44. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводники p- и n-типа, p – n-переход. Применение полупроводников: полупроводниковые диоды, транзисторы, фотодиоды, фоторезисторы.
  45. Классическая теория электронной проводимости в металлах. Идеальный проводник и сверхпроводник. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейсснера. Применение сверхпроводников.