

Физика. Электричество и магнетизм. Волновая оптика

Теоретические вопросы экзаменационных билетов и основные оцениваемые знания и умения

1. Электрическое поле

- Электрический заряд
- Фундаментальные свойства заряда
- Закон Кулона
- Напряженность электрического поля неподвижного точечного заряда.
- Принцип суперпозиции
- Пример. Вектор напряженности на оси однородно заряженного кольца.
- Силовые линии поля \vec{E}

Знать:

- 1) Фундаментальные свойства заряда (перечислить)
- 2) Закон Кулона (формула, рис)
- 3) Вектор напряженности электрического поля (определение)
- 4) Напряженность электрического поля неподвижного точечного заряда (формула, вывод, рис).
- 5) Принцип суперпозиции (формулировка)
- 6) Линии поля \vec{E} (определение, рис)

Уметь:

- вычислять вектор напряженности поля двух неподвижных точечных зарядов (пример)
- вычислять напряженность поля на оси однородно заряженного кольца

2. Теорема Гаусса для вектора напряженности

- Поток вектора через поверхность.
- Формулировка и доказательство теоремы.
- Теорема Гаусса в дифференциальной форме (формулировка и доказательство).
Использование теоремы Гаусса для расчета полей (поле сферы, шара, нити, цилиндра, плоскости, слоя).

Знать:

- 1) Вектор напряженности электрического поля (определение, формула)
- 2) Поток вектора через поверхность (определение, формула)
- 3) Теорему Гаусса (формулировка)
- 4) Теорему Гаусса в интегральной форме (формула)
- 5) Теорему Гаусса в дифференциальной форме (формула)
- 6) Формулы и графики для напряженности электрического поля, созданного:
 - а) однородно заряженной сферой
 - б) однородно заряженным шаром
 - в) однородно заряженной бесконечной нитью
 - г) однородно заряженной бесконечной плоскостью

Уметь:

- 1) Доказывать теорему Гаусса
- 2) С помощью теоремы Гаусса выводить формулы для напряженности поля:
 - однородно заряженной сферы
 - однородно заряженного шара
 - однородно заряженной бесконечной нити
 - однородно заряженной бесконечной плоскостью

3. Потенциальность электростатического поля.

- Работа при перемещении точечного заряда в однородном электрическом поле.
 - Работа при перемещении точечного заряда в поле другого неподвижного точечного заряда.
 - Циркуляция электростатического поля \vec{E} по произвольному замкнутому контуру.
 - Разность потенциалов. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда. Принцип суперпозиции.
 - Связь потенциала с напряженностью электростатического поля.
- Пример: расчет потенциала и напряженности поля на оси однородно заряженного кольца.

Знать:

- 1) Разность потенциалов (определение, формула)
- 2) Потенциал (определение, формула)
- 3) Потенциал поля точечного заряда (формула)
- 4) Принцип суперпозиции (формулировка, пример)
- 5) Теорема о циркуляции вектора напряженности в электростатике (формулировка, формула)
- 6) Связь потенциала с напряженностью (формула, пример)

Уметь:

- 1) Выводить формулы:

- для работы при перемещении точечного заряда в однородном электрическом поле
- для работы при перемещении точечного заряда в поле другого неподвижного точечного заряда
- для потенциала точечного заряда
- для вектора напряженности при известной зависимости потенциала от координат

- 2) Вычислять:

- разность потенциалов в однородном электростатическом поле.
- потенциал в произвольной точке поля, созданного системой точечных зарядов.
- вектор напряженности при известной зависимости потенциала от координат.

4. Проводники в электрическом поле

- Явление электростатической индукции.
- Напряженность электростатического поля внутри проводника.
- Потенциал внутри проводника.
- Напряженность и потенциал в полости внутри проводника.
- Заряд внутри и на поверхности проводника
- Напряженность электростатического поля вблизи поверхности проводника.

Знать:

- 1) Явление электростатической индукции (пример, пояснения).
- 2) Доказательства следующих утверждений в электростатике:
 - а) Напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю
 - б) Потенциалы всех точек проводника одинаковые.
 - в) Внутри полости в проводнике напряженность поля равна нулю.
 - г) Заряд располагается только на поверхности проводника.

Уметь выводить с помощью теоремы Гаусса формулу для напряженности электростатического поля вблизи поверхности проводника.

5. Общая задача электростатики.

- Теорема Гаусса в дифференциальной форме.
- Формулировка общей задачи электростатики.
- Уравнение Пуассона.
- Уравнение Лапласа.
- Теорема единственности.

Знать:

- 1) Теорему Гаусса в дифференциальной форме (формула)
- 2) Формулировку общей задачи электростатики
- 3) Уравнение Лапласа (формула)
- 4) Уравнение Пуассона (формула)
- 5) Теорему единственности

Уметь выводить:

- Теорему Гаусса в дифференциальной форме
- Уравнение Лапласа
- Уравнение Пуассона

6. Электрический диполь

- Электрический диполь. Точечный диполь. Дипольный момент.
- Потенциал поля диполя.
- Напряженность электрического поля диполя.
- Силы, действующие на диполь в электрическом поле.

Знать:

- 1) Электрический диполь (определение), точечный диполь (определение)
- 2) Дипольный момент (определение, формула, рис)
- 3) Потенциал поля точечного диполя (формула, рис)
- 4) Напряженность поля точечного диполя (формула, рис, картина силовых линий)
- 5) Силы и момент сил, действующие на диполь в однородном электростатическом поле (формулы).
- 6) Сила, действующая на диполь в неоднородном электростатическом поле (пример, рис, формула)

Уметь выводить формулы для:

- Потенциала поля точечного диполя
- Напряженности поля точечного диполя
- Моментов сил, действующих на диполь в однородном поле
- Дипольного момента системы точечных зарядов

7. Электрическое поле в диэлектриках.

- Поляризация диэлектриков
- Связанные и сторонние заряды
- Вектор поляризации
- Теорема Гаусса для вектора поляризации.
- Вектор электрического смещения (вектор \vec{D}). Теорема Гаусса для вектора \vec{D} .
- Дифференциальные соотношения
- Пример. Поле однородно заряженного диэлектрического шара.

Знать:

- 1) Поляризация (описание процесса, рис.)
- 2) Связанные и сторонние заряды (определения)
- 3) Вектор поляризации (определение)
- 4) Теорема Гаусса для вектора поляризации (формула)
- 5) Вектор электрического смещения (вектор \vec{D}) (формула)
- 6) Теорема Гаусса для вектора \vec{D} (формулировка, формула)
- 7) Теорема Гаусса для вектора \vec{D} в дифференциальном виде (формула)

Уметь:

- доказывать теорему Гаусса для вектора \vec{D}
- выводить формулу для напряженности поля однородно заряженного диэлектрического шара, строить график зависимости $E(r)$.

8. Емкость проводников и конденсаторов.

- Емкость уединенного проводника. Емкость уединенного проводящего шара.
- Конденсатор. Емкость конденсатора.
- Емкость плоского конденсатора.
- Емкость сферического конденсатора.

Знать:

- 1) Емкость уединенного проводника (определение, формула, пример).
- 2) Конденсатор (определение)
- 3) Емкость конденсатора (определение).
- 4) Емкость плоского конденсатора (формула).
- 5) Емкость сферического конденсатора (формула).

Уметь выводить формулы для емкости:

- а) уединенного шара
- б) плоского конденсатора
- в) сферического конденсатора

9. Энергия электрического поля

- Электрическая энергия заряженного конденсатора.
- Электрическая энергия заряженного проводника и системы заряженных проводников.
- Энергия взаимодействия точечных зарядов.
- Плотность энергии электрического поля. Локализация энергии в пространстве.

Знать:

- 1) Электрическая энергия заряженного конденсатора (формула).
- 2) Электрическая энергия заряженного проводника и системы заряженных проводников (формула).
- 3) Энергия взаимодействия точечных зарядов (формула).
- 4) Плотность энергии электрического поля (определение, формула).

Уметь выводить формулы для:

- а) энергии заряженного конденсатора
- б) энергии уединенного заряженного проводника
- в) энергии взаимодействия точечных зарядов.

10. Постоянный электрический ток.

- Плотность тока. Сила тока.
- Уравнение непрерывности.
- Закон Ома в локальной форме.
- Закон Джоуля-Ленца.
- Электродвижущая сила. Закона Ома для участка цепи, содержащего ЭДС.
- Закон Ома для замкнутой цепи.
- Правила Кирхгофа.

Знать:

- 1) Плотность тока (определение, формула). Сила тока (определение, формула).
- 2) Уравнение непрерывности (формула).
- 3) Закон Ома в локальной форме (формула).
- 4) Закон Джоуля-Ленца (формула).

- 5) Электродвижущая сила (определение, формула).
- 6) Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС (формула).
- 7) Закон Ома для замкнутой цепи (формула).
- 8) Правила Кирхгофа (формулировка, формула).

Уметь выводить:

- закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС
- закон Ома для замкнутой цепи
- правила Кирхгофа

11. Магнитное поле в вакууме.

- Экспериментальные факты, лежащие в основе магнитных явлений.
- Сила Лоренца.
- Магнитное поле равномерно движущегося с нерелятивистской скоростью заряда.
- Вывод формулы для силы Ампера.
- Закона Био-Савара.
- Сравнение сил магнитного и электрического взаимодействий движущихся зарядов.
- Магнитное поле прямого проводника с током (вывод формулы на основе закона Био-Савара и принципа суперпозиции).

Знать:

- 1) Сила Лоренца (формула, рис.).
- 2) Сила Ампера (формула, рис.).
- 3) Индукция магнитного поля равномерно движущегося с нерелятивистской скоростью заряда (формула, рис.).
- 4) Закон Био-Савара (формула, рис.).
- 5) Линии поля \vec{B} (определение, рис)
- 6) Магнитное поле прямого длинного проводника с током (формула, картина магнитных линий)

Уметь выводить формулы для:

- силы Ампера,
- индукции магнитного поля на оси кругового витка с током,
- индукции магнитного поля прямого длинного проводника с током.

12. Основные законы магнитного поля.

- Линии поля \vec{B} .
- Теорема Гаусса для вектора \vec{B} .
- Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции.
- Магнитное поле прямого бесконечно длинного провода с током.
- Магнитное поле тороидальной катушки.
- Магнитное поле длинного соленоида.

Знать:

- 1) Линии поля \vec{B} (определение)
- 2) Теорема Гаусса для вектора \vec{B} (формулировка, формула).
- 3) Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции (формулировка, формула).
- 4) Теорема о циркуляции вектора \vec{B} в дифференциальной форме (формула).

Уметь выводить формулы для индукции магнитного поля:

- а) прямого бесконечно длинного провода с током,
- б) тороидальной катушки,
- в) длинного соленоида

13. Электромагнитная индукция.

- Основные экспериментальные факты.
- Математическая формулировка закона электромагнитной индукции.
- Правило Ленца.
- Природа электромагнитной индукции.
- Закон электромагнитной индукции в интегральной и дифференциальной форме.

Знать:

- 1) Основные экспериментальные факты (описание, рис.).
- 2) Магнитный поток (определение, формула)
- 3) Закон электромагнитной индукции (формулировка, формула).
- 4) Правило Ленца (формулировка, пример).
- 5) Вихревое электрическое поле (определение, пример)
- 6) Закон электромагнитной индукции в интегральной форме (формула).
- 7) Закон электромагнитной индукции в дифференциальной форме (формула).

Уметь выводить закон электромагнитной индукции для частного случая, когда проводящая перемычка движется в постоянном магнитном поле.

14. Самоиндукция. Энергия магнитного поля.

- Индуктивность проводов
- Явления при замыкании и размыкании тока
- Магнитная энергия токов
- Локализация магнитной энергии в пространстве

Знать:

- 1) Индуктивность проводов (определение, формула)
- 2) Индуктивность длинного соленоида (формула)
- 3) Явление самоиндукции (пример)
- 4) ЭДС самоиндукции (формула)
- 5) Магнитная энергия токов (формула)
- 6) Объемная плотность энергии магнитного поля (формула)
- 7) Явления при замыкании и размыкании тока в катушке (формулы, графики)

Уметь выводить формулы:

- а) для индуктивности длинного соленоида,
- б) для магнитной энергии контура с током,
- в) для объемной плотности энергии магнитного поля (в частном случае),
- в) для зависящего от времени тока в катушке в процессах его включения и выключения.

15. Магнитное поле в веществе.

- Вектор намагниченности.
- Теорема о циркуляции вектора намагниченности.
- Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. Вектор \vec{H} .
- Теорема о циркуляции вектора \vec{H} .
- Парамагнетики, диамагнетики, ферромагнетики.
- Пример: магнитное поле внутри и вне бесконечно длинного прямого цилиндрического провода с током.

Знать:

- 1) Вектор намагниченности (определение, формула).
- 2) Теорема о циркуляции вектора намагниченности (формулировка, формула).
- 3) Вектор \vec{H} (формула). Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость.
- 4) Теорема о циркуляции вектора \vec{H} (формулировка, формула).
- 5) Парамагнетики, диамагнетики, ферромагнетики (классификация).

Уметь:

- доказывать теорему о циркуляции вектора \vec{H}
- выводить формулу для индукции магнитного поля внутри и вне бесконечно длинного прямого цилиндрического провода с током.

16. Колебательный контур.

- Дифференциальное уравнение колебательного контура.
- Свободные колебания в колебательном контуре.
- Затухающие колебания в колебательном контуре.

Знать:

- 1) Дифференциальное уравнение колебательного контура (формула, электрическая схема).
- 2) Свободные колебания в колебательном контуре. Дифференциальное уравнение (формула) и его решение для заряда (формула), тока (формула), напряжения (формула). Графики.
- 3) Затухающие колебания в колебательном контуре. Дифференциальное уравнение (формула) и его решение для заряда (формула). Амплитуда затухающих колебаний (формула). График затухающих колебаний. Логарифмический декремент затухания (формула).

Уметь выводить:

- дифференциальное уравнение колебательного контура
- формулу для логарифмического декремента затухания

17. Переменный ток.

- Квазистационарные токи.
- Резистор в цепи переменного тока.
- Конденсатор в цепи переменного тока.
- Индуктивность в цепи переменного тока.
- Метод векторных диаграмм. Резонанс в колебательном контуре.

Знать:

- 1) Квазистационарные токи (определение)
- 2) Резистор в цепи переменного тока. Зависимость тока от времени (формула, график). Зависимость напряжения от времени (формула, график). Мгновенная мощность (формула, график). Средняя мощность (формула). Эффективные значения тока и напряжения (формулы).
- 3) Конденсатор в цепи переменного тока. Зависимость тока от времени (формула, график). Зависимость напряжения от времени (формула, график). Мгновенная мощность (формула, график). Средняя мощность (формула).
- 4) Индуктивность в цепи переменного тока. Зависимость тока от времени (формула, график). Зависимость напряжения от времени (формула, график). Мгновенная мощность (формула, график). Средняя мощность (формула).
- 5) Последовательное соединение резистора, конденсатора и катушки (схема). Полное сопротивление (формула). Резонанс (график). Резонансная частота (формула).

Уметь выводить:

- с помощью метода векторных диаграмм формулу для полного сопротивления цепи переменного тока
- формулу для резонансной частоты

18. Уравнения Максвелла.

- Плотность тока смещения.
- Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.
- Какие закономерности электродинамики выражают уравнения Максвелла?
- Свойства уравнений Максвелла.

Знать:

- 1) Плотность тока смещения (формула).
- 2) Теорема о циркуляции вектора \vec{H} с учетом тока смещения (формула).
- 3) Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме (формулы).
- 4) Закономерности электродинамики, связанные с каждым из уравнений Максвелла.

Уметь получать из уравнений Максвелла

- частные уравнения, выражающие законы электростатики,
- частные уравнения, выражающие законы магнитостатики,
- уравнения, описывающие электромагнитные волны в незаряженной и непроводящей среде

19. Электромагнитные волны.

- Вывод дифференциального волнового уравнения из уравнений Максвелла.
- Плоская электромагнитная волна
- Основные свойства электромагнитных волн.

Знать:

- 1) Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме (формулы).
- 2) Дифференциальное волновое уравнение для вектора \vec{E} (формула)
- 3) Дифференциальное волновое уравнение для вектора \vec{H} (формула)
- 4) Плоская электромагнитная волна (формула, рисунок-«мгновенная фотография»)
- 5) Основные свойства электромагнитных волн (перечислить).
- 6) Скорость электромагнитной волны (формула)
- 7) Связь векторов \vec{E} и \vec{H} в электромагнитной волне (формула).

Уметь выводить дифференциальное волновое уравнение из уравнений Максвелла.

20. Энергия и импульс электромагнитной волны.

- Объемная плотность энергии в электромагнитной волне.
- Плотность потока энергии. Вектор Пойнтинга.
- Излучение диполя.

Знать:

- 1) Объемная плотность энергии в электромагнитной волне (формула).
- 2) Плотность потока энергии (определение, формула). Вектор Пойнтинга (формула).
- 3) Импульс электромагнитной волны. Объемная плотность импульса (формула).
- 4) Излучение диполя – основные закономерности (рис.). Зависимость интенсивности излучения от расстояния и направления (формула). Диаграмма направленности (рис).
- 5) Зависимость мощности излучения диполя от частоты (формула).

Уметь выводить формулу для вектора Пойнтинга.

21. Световая волна.

- Скорость распространения. Показатель преломления. Явление дисперсии.
- Интенсивность световой волны.
- Поляризация света. Плоскополяризованный свет. Естественный свет. Поляризаторы.
- Закон Малюса.

Знать:

- 1) Диапазон длин волн, диапазон частот.
- 2) Фазовая скорость в среде (формула).
- 3) Показатель преломления (формула).
- 4) Явление дисперсии (описание явления, рис).

- 5) Интенсивность световой волны (определение, формула)
- 6) Плоскополяризованный свет (определение). Плоскость поляризации (определение). Естественный свет (определение). Поляризаторы (определение). Плоскость пропускания поляризатора (определение). Закон Малюса (формула).

Уметь выводить формулу, выражающую закон Малюса.

22. Электромагнитная волна на границе раздела двух сред.

- Электромагнитная волна на границе раздела двух сред.
- Коэффициент отражения. Фазовые соотношения.
- Формулы Френеля. Закон Брюстера.

Знать:

- 1) Коэффициент отражение электромагнитной волны на границе раздела двух диэлектриков при перпендикулярном падении (формула)
- 2) Зависимость фазового сдвига отраженной волны от коэффициентов преломления сред (формулировка)
- 3) Формулы Френеля
- 4) Закон Брюстера (формулировка), угол Брюстера (формула)

Уметь выводить формулы для:

- коэффициента преломления при перпендикулярном падении волны на границу раздела
- угла Брюстера

23. Интерференция световых волн.

- Когерентные волны. Интерференция волн от двух когерентных источников. Разность хода. Оптическая разность хода волн. Условия интерференционных максимумов и минимумов.
- Распределение интенсивности света на плоском удаленном экране. Ширина интерференционной полосы.
- Классические интерференционные опыты. Опыт Юнга. Бипризма Френеля.
- Интерференция при отражении от тонких пластинок. Полосы равного наклона. Полосы равной толщины.
- Кольца Ньютона.

Знать:

- 1) Когерентные волны (определение). Интерференция волн (определение).
- 2) Разность хода (определение). Оптическая разность хода волн (формула).
- 3) Условия интерференционных максимумов и минимумов (формулы).
- 4) Распределение интенсивности света на плоском удаленном экране (рис). Ширина интерференционной полосы (формула).
- 5) Опыт Юнга (рис., описание). Бипризма Френеля (рис).
- 6) Интерференция при отражении от тонких пластинок (рис), оптическая разность хода (формула). Полосы равного наклона (пример, рис). Полосы равной толщины (пример, рис).
- 7) Кольца Ньютона (рис, формулы).

Уметь выводить формулы:

- определяющие условия максимумов и минимумов интенсивности при интерференции волн от двух точечных когерентных источников,
- для ширины интерференционных полос в опыте Юнга,
- для оптической разности хода при интерференции света в тонкой пленке,
- для радиусов светлых и темных колец Ньютона.

24. Дифракция света.

- Примеры дифракции света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
- Дифракция на круглом отверстии. Постановка задачи. Зоны Френеля. Спираль Френеля.

- Анализ зависимости интенсивности света на оси круглого отверстия от радиуса отверстия и от расстояния между точкой наблюдения и отверстием.
- Зонная пластинка. Линза Френеля

Знать:

- 1) Дифракция света (определение, примеры). Принцип Гюйгенса-Френеля (формулировка, рис).
- 2) Дифракция на круглом отверстии. Зависимость интенсивности на оси отверстия от его радиуса (рис).
- 3) Зоны Френеля (определение). Радиусы зон Френеля (формула).
- 4) Спираль Френеля (рис). Физический смысл диаграммы.
- 5) Анализ зависимости интенсивности света на оси круглого отверстия от радиуса отверстия и от расстояния между точкой наблюдения и отверстием (графики и их объяснение).
- 6) Дифракция на непрозрачном диске (рис, объяснение). Пятно Пуассона.

Уметь выводить формулу для радиусов зон Френеля

25. Дифракция на щели.

- Приближение Фраунгофера.
- Угловое распределение интенсивности. Условие минимумов.
- Векторная диаграмма. Вывод формулы для углового распределения интенсивности.
- Соотношение между интенсивностями в главном и «боковых» максимумах.
- О «параллельных» световых пучках.

Знать:

- 1) Приближение Фраунгофера (формула).
- 2) Угловое распределение интенсивности (рис.). Условие минимумов (формула).
- 3) Соотношение между интенсивностями в центральном и в остальных максимумах (числа).

Уметь:

- строить векторную диаграмму и выводить формулу для углового распределения интенсивности света
- выводить формулу для дифракционных минимумов
- получать соотношения для интенсивностей света в центральном и остальных максимумах
- выводить формулу для угла дифракционной расходимости светового пучка.

26. Дифракционная решетка.

- Условие главных максимумов. Разложение в спектр. Векторная диаграмма. Вывод формулы, определяющей угловое распределение интенсивности.
- График зависимости интенсивности света от угла дифракции.
- Угловая дисперсия.
- Разрешающая способность.

Знать:

- 1) Дифракционная решетка (конструкция и назначение).
- 2) Условие главных максимумов (формула).
- 3) Разложение белого света в спектр (рис).
- 4) График зависимости интенсивности света от угла дифракции.
- 5) Угловая дисперсия (определение, формула).
- 6) Разрешающая способность (определение, формула). Критерий Рэлея (формулировка, рис).

Уметь:

- а) выводить условие главных максимумов,
- б) строить векторную диаграмму и выводить формулу для углового распределения интенсивности света,

- в) выводить формулу для угловой дисперсии,
- г) выводить формулу для разрешающей способности решетки.

27. Дисперсия света. Поглощение света

- Классическая теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия.
- Поглощение света. Закон Бугера.

Знать:

- 1) Нормальная и аномальная дисперсия (рис).
- 2) Классическая теория дисперсии (формула, рис).
- 3) Поглощение света. Закон Бугера (формула).

Уметь:

- в рамках классической теории дисперсии выводить формулу для зависимости показателя преломления от частоты,
- выводить закон Бугера,