

## Экзаменационные вопросы по курсу Электродинамика (семестр 1, 2024)

Шалашов А.Г., Господчиков Е.Д.

1. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Уравнение непрерывности для электрического заряда. Источники поля. Принцип перестановочной двойственности и обратимость во времени в макроскопической электродинамике.
2. Материальные уравнения в макроскопической электродинамике. Понятие о временной и пространственной дисперсии как проявлении немгновенности и нелокальности отклика среды. Соотношения Крамерса-Кронига и их следствия.
3. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Граничные условия в макроскопической электродинамике. Поверхностные заряды и токи.
4. Поле произвольного электронейтрального распределения зарядов на больших расстояниях, электрический дипольный момент. Электрическая поляризация диэлектриков. Свободные и связанные (индуцированные) заряды.
5. Поле произвольной системы замкнутых токов на больших расстояниях от нее, магнитный дипольный момент. Намагниченность магнетиков и молекулярные токи.
6. Теорема Пойнтинга и ее следствия. Теорема о единственности решений уравнений Максвелла в макроскопической электродинамике.
7. Силы, действующие на объемные и поверхностные распределения зарядов и токов. Импульс электромагнитного поля и максвелловский тензор натяжений (в вакууме).
8. Уравнения Максвелла электростатического поля. Скалярный потенциал для электрического поля. Уравнения Пуассона и Лапласа. Функция Грина для уравнения Пуассона в неограниченном объеме. Теорема единственности в электростатике. Теорема об отсутствии экстремума потенциала в электростатике и теорема Ирншоу.
9. Граничные условия для потенциала. Двойной слой. Потенциал двойного слоя. Формула Грина в электростатике. Функция Грина для задач Дирихле и Неймана для уравнения Пуассона в ограниченном объеме.
10. Метод разделения переменных в уравнении Лапласа в сферической системе координат. Сферические гармоники, соотношения ортогональности, разложение по сферическим гармоникам функции Грина для уравнения Пуассона в неограниченном пространстве. Разложение электрического потенциала по «мультиполям» в сферической и декартовой системах координат.
11. Теорема взаимности в электростатике. Представление энергии электростатического поля в виде интеграла по области поля и по области источников. Собственная энергия и энергия взаимодействия электростатических подсистем. Энергия тела с заданной электрической поляризацией и с заданной электрической восприимчивостью во внешнем электрическом поле, действующая на тело сила.
12. Энергия системы проводников, емкостные и потенциальные коэффициенты. Электрические силы, действующие в системе заряженных проводников.
13. Уравнения, описывающие статические магнитные поля. Векторный и скалярный потенциалы для магнитного поля. Магнитные поля, создаваемые заданными распределениями плотности

тока и заданными распределениями намагниченности. Магнитное поле точечного магнитного диполя.

14. Представление энергии магнитостатического поля в виде интеграла по области поля и по области источников. Теорема взаимности в магнитостатике. Собственная энергия и энергия взаимодействия магнитостатических подсистем. Энергия тела с заданной намагниченностью и с заданной магнитной восприимчивостью во внешнем магнитном поле.
15. Сила и вращающий момент, действующие на магнитный диполь во внешнем магнитном поле. Сила, действующая на намагниченное тело во внешнем магнитном поле.
16. Энергия системы квазилинейных токов, коэффициенты взаимной индукции и самоиндукции. Силы, действующие в системе квазилинейных токов.
17. Волновые уравнения для переменных полей  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$ . Источники электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы переменного электромагнитного поля, волновые уравнения для потенциалов. Принцип калибровочной инвариантности. Калибровка Кулона. Калибровка Лоренца и потенциалы Герца.
18. Функция Грина для скалярного волнового уравнения в безграничной однородной среде. Запаздывающие и опережающие потенциалы. Выражения для полей  $\varphi$ ,  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{B}$  через запаздывающие потенциалы.
19. Комплексная форма уравнений Максвелла и материальных соотношений для гармонических полей и для полей с произвольной зависимостью от времени. Диссипация среды и линейный гистерезис. Теорема Пойнтинга для комплексных амплитуд. Теорема единственности решения уравнений Максвелла для гармонических полей.
20. Магнитоквазистатическое приближение для уравнений Максвелла. Релаксация электромагнитного поля в массивных проводниках. Проникновение гармонического во времени электромагнитного поля в проводники, скин-эффект.
21. Однородные плоские волны в изотропных средах без источников. Алгебраическая форма уравнений Максвелла и волнового уравнения, дисперсионное соотношение, поляризация, плотность потока энергии. Прозрачные и непрозрачные среды. Понятие о собственных колебаниях среды. Неоднородные плоские волны в изотропных средах без источников.
22. Плоские волны в однородных анизотропных и гиротропных средах без источников и пространственной дисперсии. Алгебраическая форма уравнений Максвелла и волнового уравнения. Условие отсутствия поглощения, плотность потока энергии в прозрачных средах. Анализ дисперсионного соотношения в системе координат вдоль  $\mathbf{k}$ , нормальные волны, снятие поляризационного вырождения, явление резонанса среды.
23. Общий вид тензора комплексной диэлектрической проницаемости анизотропных и гиротропных средах без поглощения, оптическая анизотропия и гиротропия, главные диэлектрические оси среды. Электромагнитные волны в одноосном кристалле. Эффект Коттона-Мутона, эффект Фарадея.

Не вошло в билеты в виде отдельных вопросов:

- Микромоделли диэлектриков: поляризация среды из мягких и жестких диполей. Действующее поле, формула Лорентц-Лоренца.
- «Конструктивные» методы: заполнение пространства диэлектриком между эквипотенциальными поверхностями, заполнение силовой трубки  $E$ , металлизация эквипотенциалей, метод изображений, вариационный метод.
- Метод разделения переменных в уравнении Лапласа и построение функции Грина для уравнения Пуассона в декартовой системе координат.
- Уравнения для постоянных токов в проводящей среде (так как я не читал лекцию?).
- Магнитное поле однородно намагниченного шара. Магнитное поле шара с однородной магнитной восприимчивостью в однородном внешнем магнитном поле.
- Построение общего решения начальной или граничной задачи как суперпозиции плоских волн (так как пока мало практики, сложно?).