

Вопросы к экзамену, 10 кл.

- 1.** Электрический заряд. Закон Кулона. Принцип суперпозиции. Расчёт напряжённости поля прямым интегрированием для простейших распределений (отрезок, бесконечная нить, плоскость). Силовые линии и поток вектора напряжённости.
- 2.** Ориентированный телесный угол. Связь нормальной компоненты поля с поверхностной плотностью заряда. Теорема Гаусса в интегральной форме: вывод из закона Кулона. Применение для расчёта полей симметричных распределений заряда (пластина, цилиндр, шар).
- 3.** Потенциальность электростатического поля. Связь потенциала и напряжённости. Потенциал поля точечного заряда, однородно заряженных пластины и шара. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.
- 4.** Теорема Гаусса в дифференциальной форме: вывод из интегральной формы. Уравнения Лапласа и Пуассона, граничные условия. Теорема единственности решения задачи математической электростатики (без вывода). Единственность распределения заряда по поверхности проводника.
- 5.** Проводники в электростатическом поле. Условия равновесия зарядов на поверхности. Экранирование и заземление. Распределение индуцированного заряда на проводящем шаре во внешнем однородном поле.
- 6.** Метод электрических изображений: обоснование на основе теоремы единственности. Построение изображений для заземлённой плоскости и сферы. Потенциальная энергия заряда вблизи проводящей плоскости, сила взаимодействия с плоскостью.
- 7.** Энергия электростатического взаимодействия. Энергия системы точечных зарядов и системы проводников, энергия конденсатора. Плотность энергии электрического поля. Давление на поверхность заряженного проводника.
- 8.** Ёмкость уединённого проводника и конденсаторов. Расчёт ёмкости последовательно и параллельно соединённых конденсаторов. Преобразование «звезда – треугольник» для конденсаторов.
- 9.** Точечный диполь как предельный случай электронейтральной системы зарядов. Потенциал и напряжённость поля точечного диполя.

- 10.** Диполь во внешнем неоднородном поле. Сила и вращающий момент, действующие на диполь. Потенциальная энергия жёсткого диполя во внешнем поле.
- 11.** Диэлектрики в электрическом поле. Вектор поляризации $\mathbf{P}$, связь с поверхностной плотностью поляризационного заряда: $\sigma_{\text{пол}} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{n}$. Вектор электрической индукции $\mathbf{D}$. Теорема Гаусса для диэлектрических сред. Граничные условия для векторов $\mathbf{D}$ и $\mathbf{E}$.
- 12.** Преломление силовых линий на границе раздела диэлектриков. «Замороженная» поляризация: поля $\mathbf{E}$ и $\mathbf{D}$ внутри и вне однородно поляризованного шара и бесконечной пластины.
- 13.** Энергия электрического поля в диэлектрике. Плотность энергии $dw = \mathbf{E} \cdot d\mathbf{D}$ (без вывода) и $w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$ (вывод на основе рассмотрения энергии плоского конденсатора). Силы, действующие на диэлектрическую пластину в конденсаторе при постоянном заряде и постоянном напряжении.
- 14.** Электрический ток и плотность тока. Уравнение непрерывности и закон сохранения заряда. Стационарные токи, трубки тока и их свойства. Вакуумный диод, вывод закона Чайлда-Ленгмюра: $I \propto U^{3/2}$.
- 15.** Микроскопическая теория тока. Модель Друде: время релаксации, подвижность носителей, вывод локальных законов Ома и Джоуля. Трудности классической модели электропроводности.
- 16.** Преломление линий тока и свободный заряд на границе сред с разной проводимостью. Соотношение, дающее связь ёмкости и сопротивления $RC = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{\lambda}$, и его применение к расчёту токов утечки.
- 17.** Электродвижущая сила и сторонние силы. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Внутреннее сопротивление источника тока. Баланс мощностей в цепи постоянного тока. Условие передачи максимальной мощности нагрузке.
- 18.** Расчёт разветвлённых цепей постоянного тока. Метод узловых потенциалов. Принцип суперпозиции. Теоремы об эквивалентном генераторе (Тевенена и Нортонa) и их применение для упрощения сложных цепей.
- 19.** Переходные процессы в линейной RC -цепи. Зарядка и разрядка конденсатора через резистор. Дифференциальное уравнение баланса напряжений, постоянная времени $\tau = RC$ и её физический смысл. Энергетические превращения в процессе зарядки/разрядки конденсатора.

20. Нелинейные элементы в цепях постоянного тока. Дифференциальное сопротивление. Вольт-амперная характеристика (ВАХ): диода, стабилитрона, светодиода, неоновой лампы, туннельного диода. Способы определения рабочей точки (стационарного состояния). Критерий устойчивости стационарного состояния (без вывода). Принцип работы генератора релаксационных колебаний на неоновой лампе.

Термодинамика и газовая динамика

21. Уравнение Ван-дер-Ваальса и реальные газы. Физический смысл поправок на размер молекул и их взаимодействие. Изотермы и критическая точка. Определение критических параметров через константы уравнения.

22. Фазовые равновесия и диаграммы состояний. Тройная и критическая точки. Вывод уравнения Клапейрона–Клаузиуса на основе анализа бесконечно малого цикла Карно. Геометрия фазовой диаграммы вблизи тройной точки для воды.

23. Насыщенный пар и влажность. Приближённая зависимость давления насыщенного пара от температуры, условия применимости приближения. Кипение. Оценка относительного количества воды, выбрасываемой гейзером в момент извержения.

24. Теплоёмкость насыщенного пара. Вывод формулы для воды в приближении $\frac{dL}{dt} = 0$ и объяснение физического смысла знака. Метастабильные состояния, условия их возникновения и разрушения. Принцип действия камеры Вильсона и пузырьковой камеры.

25. Уравнение неразрывности и уравнение Эйлера. Стационарные и нестационарные режимы течения. Связь уравнения Эйлера с уравнением Бернулли. Оценка для скорости звука в газах.

26. Уравнение Бернулли для газа. Вывод из законов сохранения для стационарного течения идеального газа. Первое начало термодинамики для потока невязкого газа.

27. Соотношения Ренкина–Гюгонио. Вывод для стационарного прямого скачка. Физический смысл каждого уравнения и область их применимости.

28. Связь чисел Маха до и за прямым скачком уплотнения. Вывод формулы зависимости $M_2(M_1)$. Анализ предельных переходов: $M_1 \rightarrow 1$ и $M_1 \rightarrow \infty$. Качественный анализ влияния прямого скачка уплотнения на условия обтекания сверхзвукового летательного аппарата.