1 Электростатика

1.1 1 Элементарные электрические заряды и взаимодействия между ними. Принцип суперпозиции. Точечные макроскопические заряды. Закон Кулона. Системы единиц.

Электрический заряд - если 2 одинаковых элементарных частицы отталкиваются с силой $1/r^2$, то такая частица заряжена.
Принцип суперпозиции:
- Взаимодействие между двумя частицами не изменяется при внесении третьей частицы, также взаимодействующей с первыми двумя.
- Энергия взаимодействия всех частиц в многочастичной системе есть просто сумма энергий парных взаимодействий между всеми возможными парами частиц. В системе нет многочастичных взаимодействий.
- Уравнения, описывающие поведение многочастичной системы, являются линейными по количеству частиц.

Напряженность поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, которое создает каждый из этих зарядов в отдельности.
Элементарный заряд в СИ $1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

Ф/м
Пробный заряд - точечный положительный заряд, который не искажает исследуемое поле, т.е. не вызывает в нем перераспределения зарядов (собственным полем пробного заряда пренебрегают).
Закон Кулона:

$$F = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot \vec{r}}{|r|^3} \tag{1}$$

Системы единиц, варианты констант:(?а оно надо кому-то?)

$$q_e = 1; m_e = 1; \hbar = 1; c = 137$$
$$q + e = 1; m_e = 1; \hbar = 1/137; c = 1$$

В СГС $k = 1$

1.2 2 Электростатическое поле в вакууме. Вектор напряженности электрического поля. Скалярный потенциал. Связь между электрическим полем и потенциалом. Примеры вычисления электрических полей и потенциалом простейших систем.

Электростатическое поле - поле, созданное системой неизменных электрических зарядов.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = -\nabla\varphi \tag{2}$$

$$[E] = \frac{V}{m}$$

$$\varphi = \frac{k \cdot q}{r} \tag{3}$$

1.3 3-4 Теорема Гаусса. Интегральная форма записи уравнений электростатического поля в вакууме. Примеры вычисления полей при помощи интегральных теорем. Дифференциальная форма записи уравнений для электростатического поля в вакууме. Примеры использования теорем в дифференциальной форме.

Теорема Гаусса:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = 4\pi k Q \tag{4}$$

Поле бесконечной равномерно заряженной плоскости $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$
Уравнения Максвелла для электростатики:
Интегральная форма:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = 4\pi k Q \tag{5}$$

Да, площадь векторная.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \tag{6}$$

Циркуляция в электростатическом поле равна нулю. *//не уверена, что во второй формуле всё векторное.*
Дифференциальная форма:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \tag{7}$$

$$\nabla \times \vec{E} = 0 \tag{8}$$

1.4 5 Уравнение Пуассона для скалярного потенциала. Теорема единственности решения задач электростатики

Уравнение Пуассона

$$\nabla^2 \varphi = -\frac{\varphi}{\varepsilon_0} \tag{9}$$

Теорема единственности решения задач электростатики: в данной системе зарядов и n проводников существует только один $\phi(\vec{r})$, обращающийся в нуль на бесконечности и принимающий установленные значения $\phi_1, \phi_2 ... \phi_n$ на границах проводников.

1.5 6 Электрическое поле при наличии проводников. Метод изображений. Примеры расчетов полей при наличии проводников

Внутри проводника поля нет!

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E} \tag{10}$$

Метод изображений
Проводники изменяют структуру электрического поля, поэтому встает задача расчета поля системы зарядов и проводников.
Метод изображений заключается в подборе такого фиктивного заряда в толще проводника, введение которого создало бы в области границы проводника условия, идентичные данным.
Это похоже на построение изображения заряда в зеркале, если считать поверхность проводника зеркалом.
`http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9`

1.6 7 Простейшие механизмы поляризации диэлектриков: электронная и ориентационная поляризация. (Анизотропные молекулы в электрическом поле).

Для начала скажем кое-что о диполях и дипольном моменте.
Электрический диполь - система из 2 разноименных зарядов q и $-q$, находящихся на расстоянии l друг от друга.
Дипольный момент вычисляется по следующей формуле:

$$\vec{p} = q\vec{l} \tag{11}$$

Потенциал диполя:

$$\varphi = \frac{kp}{r}\cos\alpha \tag{12}$$

где α - угол между $\vec{l}$ и $\vec{r}$.

Напряженность поля диполя:

$$\vec{E} = \frac{kp}{r^3}\sqrt{1 - 3\cos^2\alpha} \tag{13}$$

В однородном поле сила, действующая на диполь, равна нулю.

$$\vec{F} = \vec{F_-} + \vec{F_+} = 0 \tag{14}$$

В неоднородном это не так:

$$\begin{gathered}\vec{F} = \vec{F_-} + \vec{F_+} = q(\vec{E_-} + \vec{E_+}) = q\Delta\vec{E} \\ \Delta\vec{E} = \frac{\Delta E\vec{l}}{l} = \frac{\partial E}{\partial l}\vec{l} \Rightarrow \\ \vec{F} = q\frac{\partial E}{\partial l}\vec{l} = \vec{p}\frac{\partial E}{\partial l}\end{gathered} \tag{15}$$

Момент сил относительно центра масс диполя:

$$\begin{gathered}\vec{M} = \vec{M_-} + \vec{M_+} = [\vec{r_-} \times \vec{F_-}] + [\vec{r_+} \times \vec{F_+}] = \\ q([\vec{r_+} \times \vec{E_+}] - [\vec{r_-} \times \vec{E_-}]) = q[(\vec{r_+} - \vec{r_-}) \times \vec{E}] = \\ [q\vec{l} \times \vec{E}] = [\vec{p} \times \vec{E}]\end{gathered} \tag{16}$$

Потенциальная энергия диполя:

$$W = q\varphi_+ - q\varphi_- = q\Delta\varphi = \\ q\,\frac{\partial\varphi}{\partial l}l = -pE_l = \\ -pE\cos\alpha \tag{17}$$

Электронная поляризация возникает в результате смещения электронных облаков относительно центра ядер атомов или ионов под действием электрического поля. Наблюдается во всех без исключения диэлектриках, а в неполярных материалах является единственным видом поляризации.
$\vec{p} = q\vec{l}$ - дипольный момент электрического диполя
$a_e = \chi\varepsilon_0$ - электронная поляризуемость
ε - диэлектрическая проницаемость
n - число частиц в единице объёма

$$P = a_e \cdot E \tag{18}$$

$$\varepsilon = 1 + \frac{n \cdot a_e}{\varepsilon_0} \tag{19}$$

http://ftemk.mpei.ac.ru/foetm/files/foetm_book01/foetm_text105.htm
Ориентационный тип поляризации характерен для полярных диэлектриков. В отсутствие внешнего электрического поля молекулярные диполи ориентированы случайным образом, так что макроскопический электрический момент диэлектрика равен нулю. Если поместить такой диэлектрик во внешнее электрическое поле, то на молекулу-диполь будет действовать момент сил, стремящийся ориентировать ее дипольный момент в направлении напряженности поля. Однако полной ориентации не происходит, поскольку тепловое движение стремится разрушить действие внешнего электрического поля.

$$\vec{P} = n < \vec{p} > \tag{20}$$

Поляризованность в этом случае равна P, где $< p >$ - среднее значение составляющей дипольного момента молекулы в направлении внешнего поля.
http://physicsleti.narod.ru/fiz/html/point_2_2.html

1.7 8 Векторы поляризации и электрической индукции и их использование для описания электрического поля при наличии диэлектриков. Примеры вычисления полей

Вектор поляризации:

$$P_n = \vec{P} \cdot \vec{n} \tag{21}$$

$\vec{n}$ - нормаль.
Теорема Гаусса для вектора поляризации:

$$\oint\limits_S (\vec{P} \cdot d\vec{S}) = -q' \tag{22}$$

где q' - полный связанный заряд системы. Электрическая индукция:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \tag{23}$$

1.8 9 Электрическое поле однородно поляризованного шара. Формула Клаузиуса-Моссотти. Спонтанная поляризация диэлектриков.

Электрическое поле однородно поляризованного шара.
Внутри шара:

$$\vec{E} = -\frac{4\pi}{3}\vec{P} \tag{24}$$

За пределами шара:

$$\vec{E} = -\frac{4\pi k}{3}\vec{P}\sqrt{1 - 3\cos^2\alpha} \tag{25}$$

`http://alexandr4784.narod.ru/sdvepdf3/segl01_16.pdf`
Формула Клаузиуса-Мосотти:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4\pi}{3} N \cdot \alpha \tag{26}$$

ε — диэлектрическая проницаемость, N — количество частиц в единице объёма, α — их поляризуемость.
Опять же, не нашла ничего толкового по спонтанной поляризации
`http://ftemk.mpei.ac.ru/ctlw/DocHandler.aspx?p=pubs/etm_full/polarf/02.05.06.htm`

1.9 10 Электростатическая энергия системы электрических зарядов в вакууме

Энергия взаимодействия двух зарядов:

$$W = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r} \tag{27}$$

Энергия взаимодействия системы зарядов:

$$W = \frac{1}{2} \sum_i q_i \sum_{j \neq i} k \frac{q_j}{r_{ij}} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N} q_i \cdot \varphi_i \tag{28}$$

http://www.effects.ru/science/278/index.htm

1.10 11 Объемная плотность энергии электростатического поля в вакууме

$$\omega = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2} = \frac{D^2}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} \tag{29}$$

http://physics-lectures.ru/elektrostatika/16-3-obemnaya-plotnost-energii-elektro

1.11 12 Силы, действующие на диэлектрик в неоднородном электрическом поле

//Может, это пондеромоторные силы? Он про них точно что-то рассказывал

2 Электрический ток

2.1 1 Основные определения. Закон сохранения электрического заряда. Дифференциальная форма закона Ома для сред с эффективной силой вязкого трения. Объемные токи. Закон Джоуля-Ленца.

//основные материалы - из моего конспекта. Буду особо благодарна за пояснения и поправки. Это было утро в середине марта. Я пыталась не спать, как могла

Электрический ток – упорядоченное движение зарядов. Электрический ток может быть обусловлен движением как положительными так и отрицательными зарядами. За положительное направление тока принимают направление движения положительных зарядов.

$$\vec{j} = q \cdot n \cdot \vec{v} = \sum_{k}^{N} q_k \cdot n_k \cdot < \vec{v_k} > \tag{30}$$

$$\delta I = \vec{j} \cdot \delta \vec{S} = \frac{dQ}{dt} \tag{31}$$

I - Сила тока, ΔQ - количество заряда, Δt величина промежутка времени, j - плотность тока.

$$\delta Q = q \cdot \delta N = q \cdot n < \vec{v} > \cdot \cos\alpha \cdot \delta S \cdot \delta t \tag{32}$$

Закон сохранения заряда:

$$\oint \vec{j} d\vec{S} = -\frac{dQ}{dt}; \frac{\delta \rho}{\delta t} = -\nabla \cdot \vec{j} \tag{33}$$

Закон Ома:

$$\frac{m \cdot d < \vec{v} >}{dt} = q \cdot \vec{E} - \eta < \vec{v} > \tag{34}$$

Объёмные токи - ???
Закон Джоуля-Ленца:(из вики)

$$\omega = \vec{j} \cdot E = \sigma \cdot E^2; dQ = I^2 R dt \tag{35}$$

σ - проводимость среды.

2.2 2 Элементы классической теории проводимости металлов. Дифференциальная и интегральная формы закона Ома для пассивного и активного участков цепи. Удельное сопротивление и его зависимость от температуры. Трудности классической теории проводимости металлов.

Плотность тока: $\vec{j} = qn < \vec{v} >$
Сила тока, протекающего через сечение проводника: $I = \int \vec{j} \cdot d\vec{S} = \frac{dQ}{dt}$
Интегральная форма записи закона сохранения заряда: $\frac{dQ_v}{dt} = -\frac{dQ_j}{dt} = -\oint \vec{j} \cdot d\vec{S}$
Дифференциальная форма записи сохранения заряда: $\frac{\delta \rho}{\delta t} = -\nabla \vec{j}$

Уравнение движения свободных носителей заряда в проводнике в рамках классической теории проводимости: $\frac{d\vec{v}}{dt} = q\vec{E} + \vec{F} - \eta\vec{v}$
Закон Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{j} = \sigma \cot \vec{E} \tag{36}$$

j - плотность тока, $\sigma = \frac{1}{\rho}$ - проводимость, ρ - удельное сопротивление
Закон Ома в интегральной форме:

$$I = \frac{\varepsilon + (\varphi_1 - \varphi_2)}{R + r} \tag{37}$$

$http://physics-lectures.ru/postoyannyj-elektricheskij-tok/17-4-zakon-oma-v-integralnoj-forme/$ Правила Кирхгофа:
- Сумма токов в любом узле $=0$;
- Сумма падений напряжений в любом замкнутом контуре $=$ сумме ЭДС.
Зависимость удельного сопротивления от температуры:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \tag{38}$$

2.3 3 Электрический ток в вакууме. Вакуумный диод. (Закон 3/2). Выпрямление электрического тока.