

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:

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

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.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = -\nabla\varphi \quad (2)$$

$$[E] = \frac{V}{m}$$
$$\varphi = \frac{k \cdot q}{r} \quad (3)$$

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:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = 4\pi kQ \quad (4)$$

Поле бесконечной равномерно заряженной плоскости $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

Уравнения Максвелла для электростатики:

Интегральная форма:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = 4\pi kQ \quad (5)$$

Да, площадь векторная.

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (6)$$

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

Дифференциальная форма:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (7)$$

$$\nabla \times \vec{E} = 0 \quad (8)$$

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

Уравнение Пуассона

$$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (9)$$

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

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

Внутри проводника поля нет!

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E} \quad (10)$$

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:

$$\vec{p} = ql\vec{e} \quad (11)$$

Потенциал диполя:

$$\varphi = \frac{kp}{r} \cos \alpha \quad (12)$$

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

Напряженность поля диполя:

$$\varphi = \frac{kp}{r} \cos \alpha \quad (13)$$

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.

$\vec{p} = ql\vec{e}$ - дипольный момент электрического диполя

$a_e = \chi \varepsilon_0$ - электронная поляризуемость

ε - диэлектрическая проницаемость

n - число частиц в единице объема

$$P = a_e \cdot E \quad (14)$$

$$\varepsilon = 1 + \frac{n \cdot a_e}{\varepsilon_0} \quad (15)$$

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.

$$\vec{P} = n \langle \vec{p} \rangle \quad (16)$$

Поляризованность в этом случае равна P , где $\langle p \rangle$ - среднее значение составляющей дипольного момента молекулы в направлении внешнего поля.

http://physicslet1.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:

$$P_n = \vec{P} \cdot \vec{n} \quad (17)$$

\vec{n} - нормаль.

Электрическая индукция:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad (18)$$

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

Не очень разобралась с 1 пунктом. См. ссылку.

http://alexandr4784.narod.ru/sdvepdf3/seg101_16.pdf Формула Клаузиуса-Моссотти:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} = \frac{4\pi}{3} N \cdot \alpha \quad (19)$$

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:

$$W = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r} \quad (20)$$

Энергия взаимодействия системы зарядов:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^N q_i \cdot \varphi_i \quad (21)$$

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

1.10 11 Объемная плотность энергии электростатического поля в вакууме

$$\omega = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2} = \frac{D^2}{2 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0} \quad (22)$$

<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.

$$\vec{j} = q \cdot n \cdot \vec{v} = \sum_k^N q_k \cdot n_k \cdot \langle \vec{v}_k \rangle \quad (23)$$

$$\delta I = \vec{j} \cdot \delta \vec{S} = \frac{dQ}{dt} \quad (24)$$

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

$$\delta Q = q \cdot \delta N = q \cdot n \cdot \langle \vec{v} \rangle \cdot \cos \alpha \cdot \delta S \cdot \delta t \quad (25)$$

Закон сохранения заряда:

$$\oint \vec{j} d\vec{S} = -\frac{dQ}{dt}; \frac{\delta \rho}{\delta t} = -\nabla \cdot \vec{j} \quad (26)$$

Закон Ома:

$$\frac{m \cdot d \langle \vec{v} \rangle}{dt} = q \cdot \vec{E} - \eta \langle \vec{v} \rangle \quad (27)$$

Объёмные токи - ???

Закон Джоуля-Ленца:(из вики)

$$\omega = \vec{j} \cdot \vec{E} = \sigma \cdot E^2; dQ = I^2 R dt \quad (28)$$

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.

Закон Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{j} = \sigma \cot \vec{E} \quad (29)$$

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

$$I = \frac{\varepsilon + (\varphi_1 - \varphi_2)}{R + r} \quad (30)$$

<http://physics-lectures.ru/postoyannyj-elektricheskij-tok/17-4-zakon-oma-v-integ>

Правила Кирхгофа:

- Сумма токов в любом узле = 0;
- Сумма падений напряжений в любом замкнутом контуре = сумме ЭДС.

Зависимость удельного сопротивления от температуры:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \quad (31)$$

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