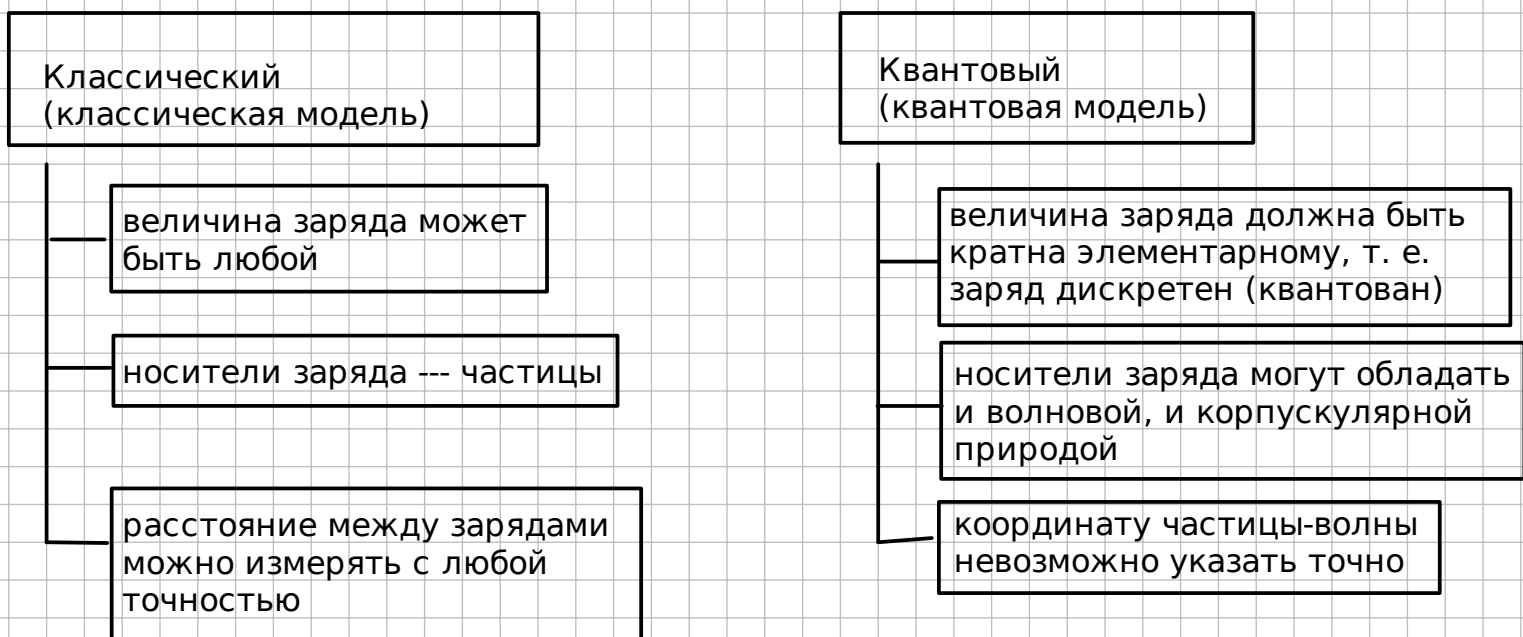


Алгоритм описания физической системы "Электромагнитное поле"

3. Выбор способа описания



Параметры состояния идеализированной системы

$\vec{E}(\vec{r})$ - напряжённость электростатического поля определим как количественную меру свойства (a) электростатического поля: численно равна силе, действующей на единичный положительный заряд, помещённый в данную точку поля

$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E} \cdot d\vec{r}$ --- разность потенциалов двух точек поля определим как количественную меру свойства (b), т. е. способность совершать работу по перемещению зарядов: численно равна работе сил поля по перемещению единичного положительного заряда из первой точки во вторую

$$\vec{E}(\vec{r}) = - \frac{d\varphi}{d\vec{r}}$$

4. Математическая модель



Теорема Остроградского-Гаусса

Поток вектора напряжённости электрического поля через любую замкнутую...

$$d\Phi_E = E_n dS = \vec{E} \cdot d\vec{S} \quad [B \cdot m] \rightarrow \oint \rightarrow$$
$$\Phi_E = \oint_S E_n dS = \oint_S \left(\sum_{i=1}^k E_{ni} \right) dS = \sum_{i=1}^k \oint_S E_{ni} dS = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0}$$
$$\sum_i q_i = \int_V \rho dV \Rightarrow \Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho dV$$

$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$

↑
дивергенция \vec{E}

Данная теорема позволяет решать следующие задачи:

1. По заданной конфигурации зарядов можно определить электрическое поле.
2. По заданному электрическому полю можно найти конфигурации зарядов.
3. Закон Кулона, определяющий взаимодействия точечных зарядов, может быть описан в полевой норме:

$$\vec{F}_{z_1} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} \vec{r} \quad \vec{F} = q \vec{E}$$

$$k = \frac{1}{4\pi \epsilon \epsilon_0} \quad \epsilon = 1 \quad \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

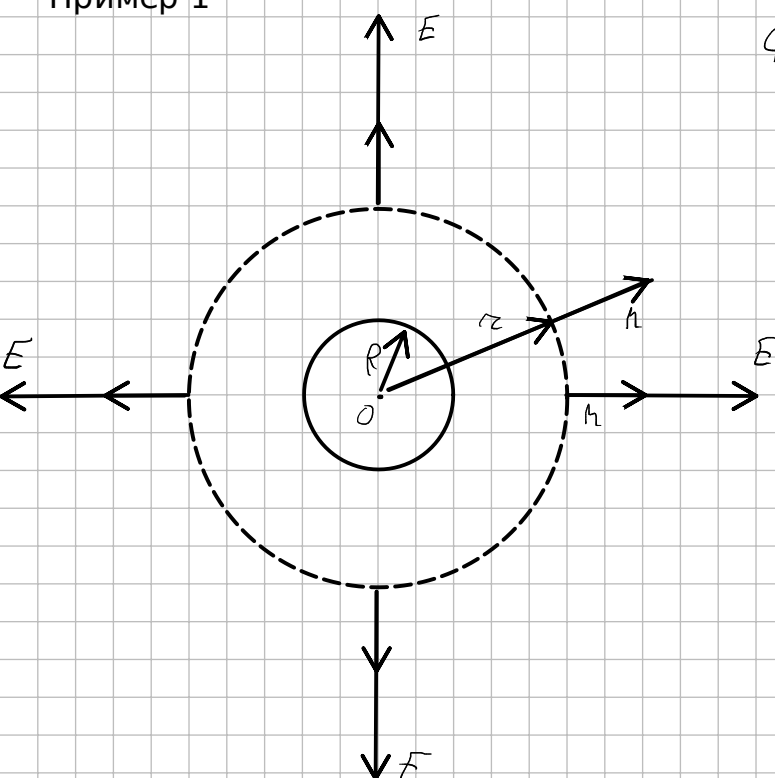
↑
диэл. сред.
← эк. сист.

Принцип суперпозиции полей. Если электрическое поле образовано несколькими зарядами, то напряжённость результирующего поля равна векторной сумме напряжённостей полей каждого из зарядов.

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad \Phi = \frac{V}{q} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i} = \sum_{i=1}^n \Phi_i$$

Если мы читаем инструкцию к пилоту, несмотря на наличие свободных розеток, установлено максимальное ограничение на суммарную мощность (как правило, чуть больше 2 кВт) приборов, подключаемых к нему.

Пример 1



$$\phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

TODO



6. Анализ результатов

Используя связь параметров, получим следующие уравнения

$$\vec{F}_{21} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^3} \vec{r}$$

$$\int_z^{\infty} (E dz) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{z}$$

$$\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho dV}{r}, \quad \phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\sigma dS}{r}, \quad \phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{q dl}{r}$$

Напряжённость поля

$$\vec{E} = -\nabla \phi = -\text{grad } \phi$$

$$\nabla \phi = \text{grad } \phi = \frac{\partial \phi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \phi}{\partial z} \vec{k}$$

6. Анализ результатов

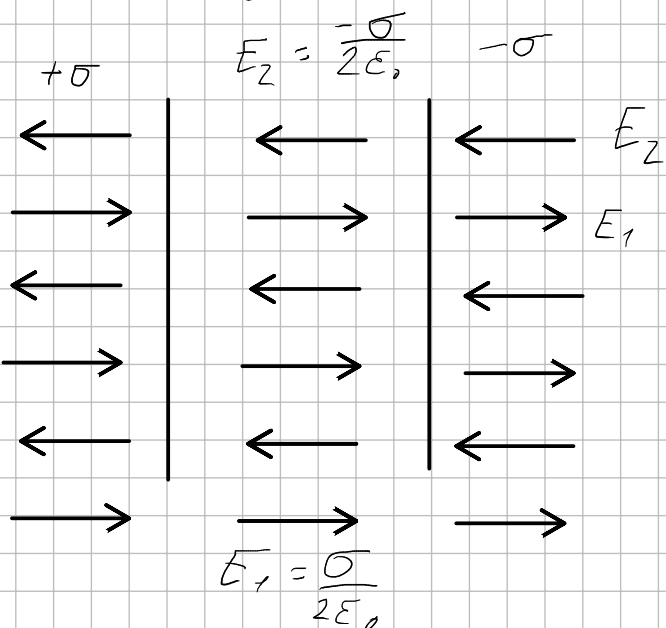
$$\Delta \phi = \frac{q}{4 \pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

ТОО

Сайд Промисекс

Задача 25

На участке II: векторы сонаправлены



$$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E = 0$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$E = 0$$

Теорема Ирншоу

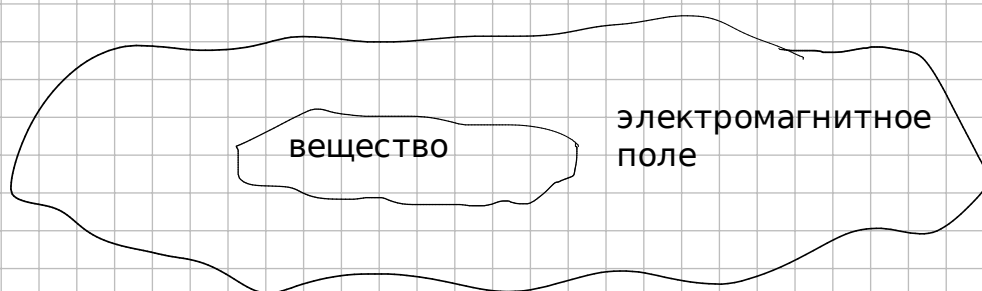
Система неподвижных электрических зарядов не может находиться в устойчивом равновесии

Заряд $+q$ будет находиться в равновесии, если при его перемещении на расстояние dr со стороны всех остальных зарядов системы, расположенных вне поверхности S , будет действовать сила F , возвращающая его в исходное положение.

$$\begin{aligned} \Phi_E &= \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_{S_{\text{бак}}} E dS \cos(\angle \vec{E}, d\vec{S}) = \\ &= \int E dS \cos 180^\circ < 0 \end{aligned}$$

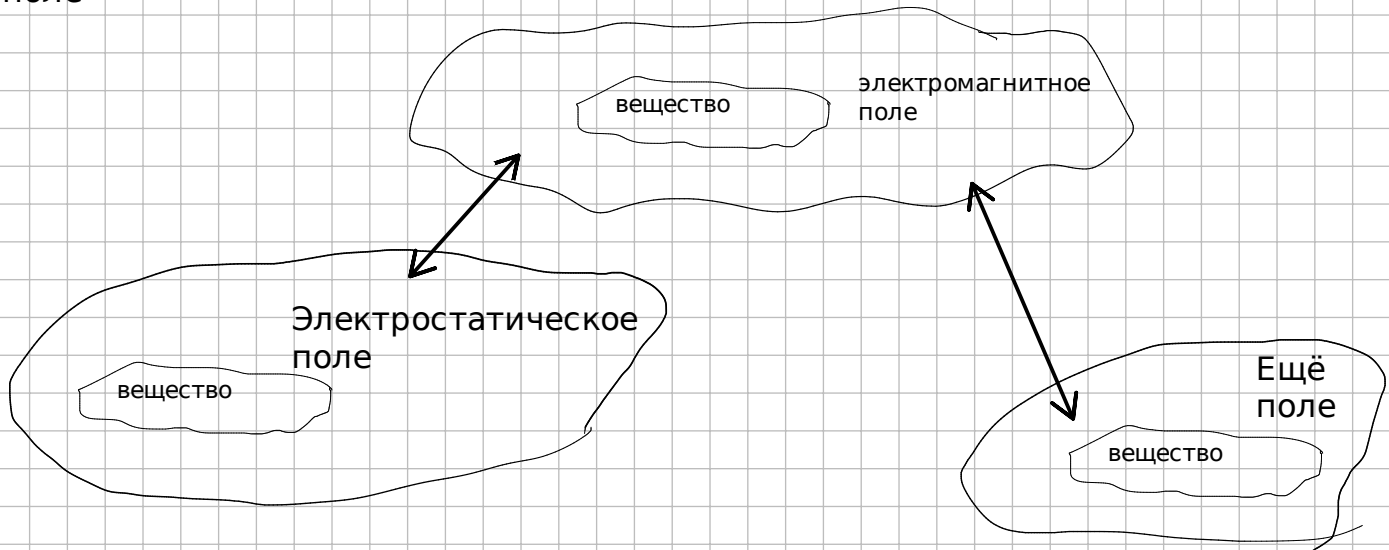
ЛЕКЦИЯ 2

Электрическое поле в веществе

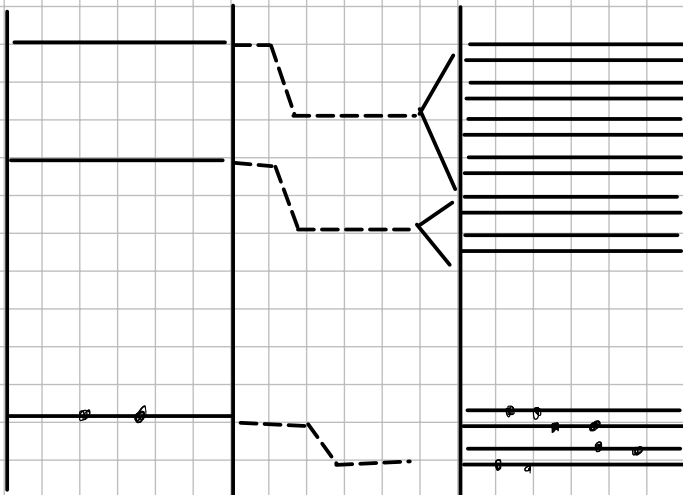


Элементы ФС и её свойства

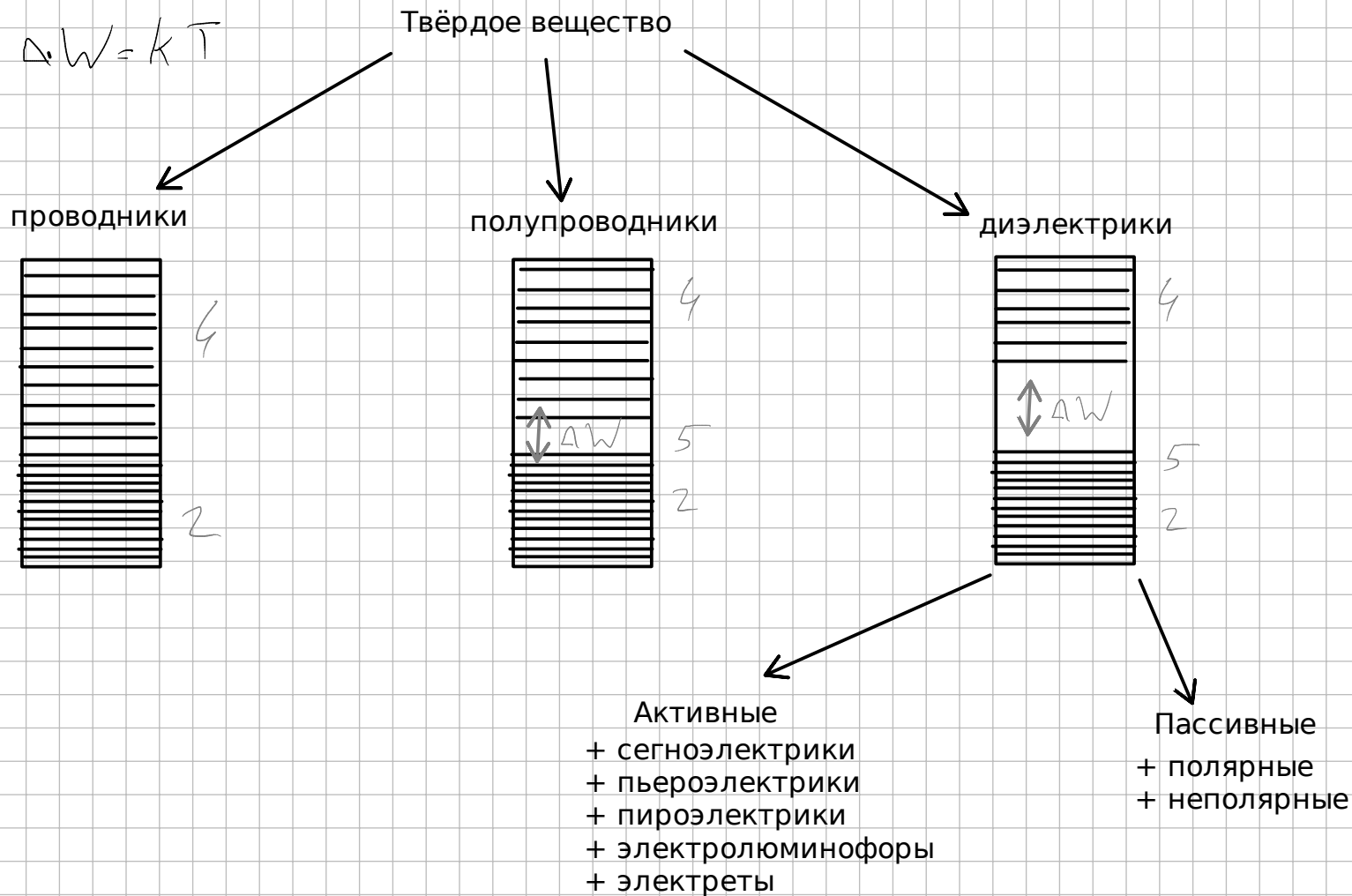
- + все вещества состоят из атомов и молекул, находящихся в непрерывном хаотичном движении и взаимодействующих между собой с силами притяжения и отталкивания электромагнитной природы
- + в зависимости от внешних условий и внутренних сил взаимодействия, вещество может находиться в трёх агрегатных состояниях
- + атом вещества представляет собой систему заряженных частиц (частей): протоны, нейтроны, электроны (или ядро-электроны)
- + движущиеся заряды атомов испытывают воздействие внешнего как электрического, так и магнитного полей
- + движущиеся заряды атома порождают собственные электрические и магнитные поля, которые по принципу суперпозиции меняют внешнее электромагнитное поле



Зонная теория



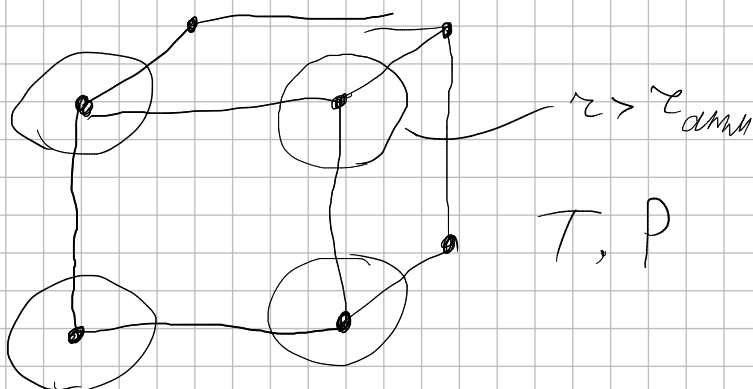
Зонная теория проводимости



Электроны полностью заполненной зоны не могут принимать участия в создании электрического тока. Для появления электропроводности необходимо часть электронов перевести из валентной зоны в зону проводимости.

Электроны, находящиеся в зоне проводимости, нельзя считать абсолютно свободными. Эти электроны взаимодействуют с периодическим потенциальным полем кристаллической решётки. При математическом описании поведения электронов в зоне проводимости используют понятие эффективной массы. Эффективная масса не определяет ни инерционных, ни гравитационных свойств электрона.

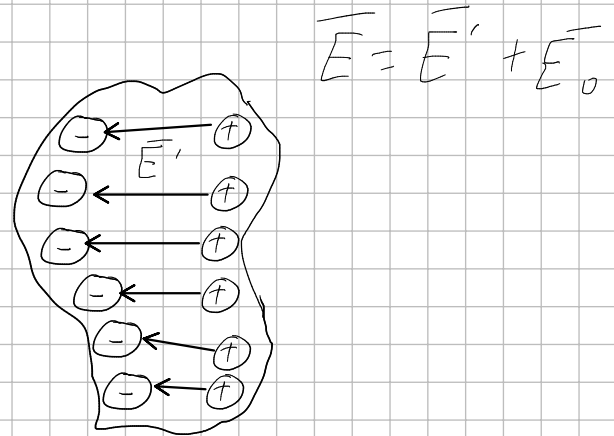
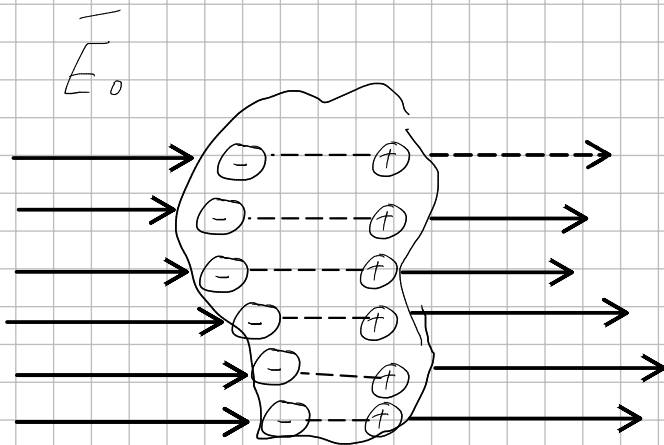
Ширина запрещённой зоны меняется с изменением температуры. Это происходит по двум основным причинам: из-за изменения амплитуды тепловых колебаний атомов решётки и из-за изменения межатомных расстояний, т. е. объём тела



Принципы применимости:

- а) потенциал кристаллической решётки строго периодичен
- б) взаимодействие между свободными электронами может быть сведено к одноэлектронному самосогласованному потенциалу (а оставшаяся часть рассмотрена методом теории возмущений)
- в) взаимодействие с фотонами слабое (и может быть рассмотрено по теории возмущений).

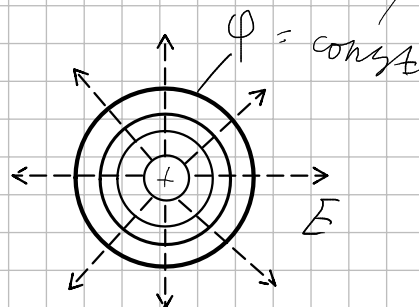
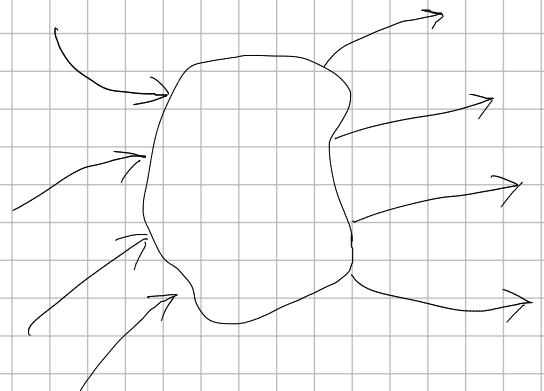
Проводники в электростатическом поле



Для равновесия внутри проводника необходимы два условия:

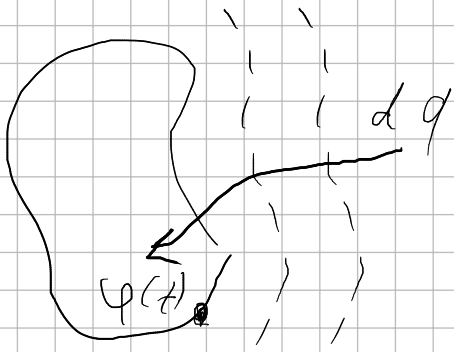
$$\vec{E} = \vec{E}' + \vec{E}_0 = 0 \quad + \quad \frac{d\varphi}{dr} = -E = 0 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{\text{внутри}} = \text{const}$$

Потенциал проводника



1) точечный заряд

Найди пропуски



$$q(t) = C \varphi(t) \Rightarrow C = \frac{q(t)}{\varphi(t)}$$