

Векторы электрического поля

$\bar{P} = \sum_i \bar{p}_i$, где $p_i = q_i \bar{l}_i$ — дипольный момент i -го диполя.

$\bar{P} = \varepsilon_0 \chi_3 \bar{E}$, где $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} = 8,85 \frac{\text{пФ}}{\text{м}}$ — электрическая постоянная;

χ_3 — электрическая восприимчивость.

вектор электрического смещения \bar{D} в вакууме $\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E}$.

Поляризация показывает, насколько вектор электрического смещения в данной среде отличается от вектора электрического смещения в вакууме. Следовательно, в веществе

$$\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E} + \bar{P} = \varepsilon_0 \bar{E} + \varepsilon_0 \chi_3 \bar{E} = \varepsilon_0 (1 + \chi_3) \bar{E},$$

где $1 + \chi_3 = \varepsilon_r$ — относительная электрическая проницаемость.

$\bar{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \bar{E} = \varepsilon \bar{E}$, $\varepsilon_0 \varepsilon_r = \varepsilon$ — абсолютная электрическая проницаемость.

Векторы магнитного поля

$B = \frac{F}{qV}$ магнитная индукция — это сила, действующая на единичный электрический заряд, движущийся с единичной скоростью перпендикулярно силовым линиям магнитного поля.

вектор \vec{H} — напряженность магнитного поля.

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{M} = \mu_0 (1 + \chi_M) \vec{H}, \quad \vec{M} = \mu_0 \chi_M \vec{H}$$

где \vec{M} — намагниченность, равная сумме магнитных моментов атомов в единице объема вещества:

$$\vec{M} = \sum_i \vec{\mu}_i.$$

χ_M — магнитная восприимчивость. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ — магнитная постоянная

$\mu_r = 1 + \chi_M$ — относительная магнитная проницаемость.

$\mu_0 \mu_r = \mu$, где μ — абсолютная магнитная проницаемость

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} = \mu \vec{H}.$$

Классификация сред, материальные уравнения.

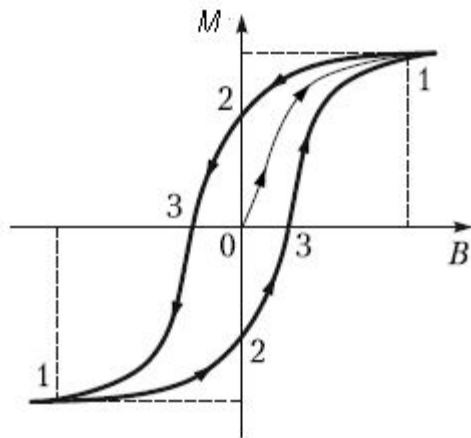
$$\left. \begin{aligned} \bar{D} &= \varepsilon \bar{E} \\ \bar{B} &= \mu \bar{H} \\ \bar{j} &= \sigma \bar{E} \end{aligned} \right\}$$

Эти уравнения называют материальными, так как входящие в них величины ε , μ , σ , именуемые макроскопическими параметрами, являются характеристиками среды (материала), в которой распространяются электромагнитные волны. Данные величины для каждого материала могут быть определены только экспериментальным путем. И, что очень важно, нет в природе двух сред, у которых хотя бы один из макроскопических параметров совпал.

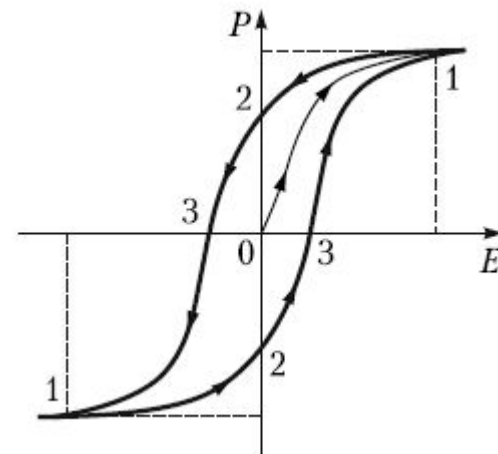
Если макроскопические параметры среды ε , μ , σ не зависят от координаты, то среда **однородная**.

Если макроскопические параметры среды ε , μ , σ не зависят от величины векторов электромагнитного поля, материальные уравнения оказываются при этом **линейными**, «линейные среды».

В противном случае материальные уравнения оказываются **нелинейными**, «нелинейные среды».



Гистерезис ферромагнетиков



сегнетоэлектриков

Изотропные среды – свойства одинаковы для полей во всех направлениях.

Анизотропные среды – свойства различаются в зависимости от направления электромагнитного поля.

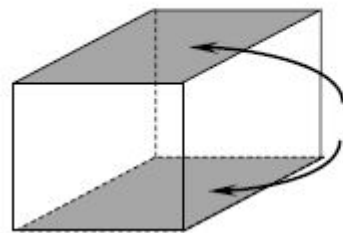
Для магнитного поля:

$$\left. \begin{aligned} B_X &= \mu_{XX}H_X + \mu_{XY}H_Y + \mu_{XZ}H_Z \\ B_Y &= \mu_{YX}H_X + \mu_{YY}H_Y + \mu_{YZ}H_Z \\ B_Z &= \mu_{ZX}H_X + \mu_{ZY}H_Y + \mu_{ZZ}H_Z \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Каждая проекция вектора } \vec{B} \text{ здесь зависит от трех проекций} \\ \text{вектора } \vec{H} \text{ (часть коэффициентов } \mu_{XX}, \mu_{XY}, \dots, \mu_{ZY}, \mu_{ZZ} \text{ может} \\ \text{обращаться в нуль). векторы } \vec{B} \text{ и } \vec{H} \text{ не параллельны.} \end{array}$$

Всю совокупность действий, производимых над проекциями вектора \vec{H} для получения вектора \vec{B} , условно обозначают оператором

$$\hat{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_{XX} & \mu_{XY} & \mu_{XZ} \\ \mu_{YX} & \mu_{YY} & \mu_{YZ} \\ \mu_{ZX} & \mu_{ZY} & \mu_{ZZ} \end{pmatrix}, \quad \text{тензор магнитной проницаемости}$$

форма уравнения $\vec{B} = \mu \vec{H}$ сохраняется, но вместо скалярной величины μ используется тензор $\hat{\mu}$: $\vec{B} = \hat{\mu} \cdot \vec{H}$.



Электроды

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

S — площадь обкладок конденсатора;
 d — расстояние между обкладками

$$d = a$$

$$\varepsilon = C/a$$

C — измеренная емкость

$$E = E_0 \cos \omega t \quad \vec{j}_{\text{полн}} = \vec{j}_{\text{пр}} + \vec{j}_{\text{см}} + \vec{j}_{\text{пер}} + \vec{j}_{\text{ст}}$$

$$j_{\text{пр}} = \sigma E_0 \cos \omega t;$$

$$j_{\text{см}} = -\omega \varepsilon E_0 \sin \omega t.$$

$$\frac{\sigma}{\omega \varepsilon} = \operatorname{tg} \Delta$$

тангенс угла диэлектрических потерь

если $\operatorname{tg} \Delta \gg 1$, то среда проводник, если $\operatorname{tg} \Delta \ll 1$ — диэлектрик.

Таким образом, если в среде преобладает ток проводимости, то эта среда реальный проводник. Если же преобладает ток смещения, то это реальный диэлектрик.