

## 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;

$\chi_3$  — 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:

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

$\chi_M$  — 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  $\mu$  — абсолютная магнитная проницаемость

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

## Классификация сред, материальные уравнения.

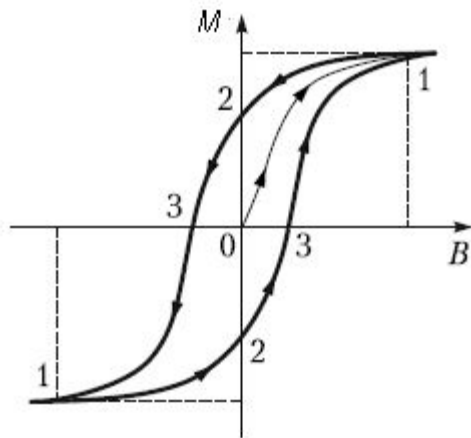
$$\left. \begin{aligned} \bar{D} &= \varepsilon \bar{E} \\ \bar{B} &= \mu \bar{H} \\ \bar{j} &= \sigma \bar{E} \end{aligned} \right\}$$

Эти уравнения называют материальными, так как входящие в них величины  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$ , 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.

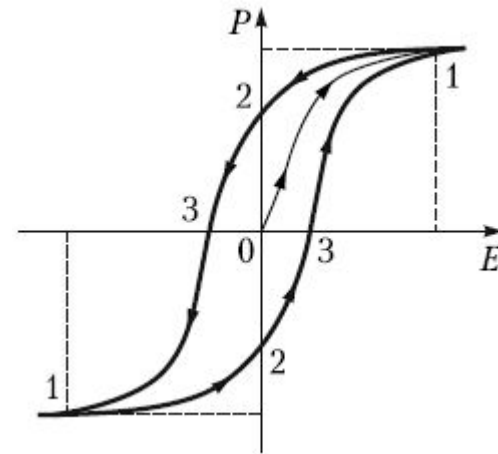
Если макроскопические параметры среды  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$  не зависят от координаты, то среда **однородная**.

Если макроскопические параметры среды  $\varepsilon$ ,  $\mu$ ,  $\sigma$  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.

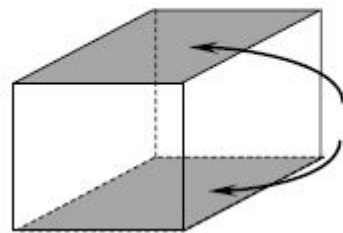
Для магнитного поля:

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

Всю совокупность действий, производимых над проекциями вектора  $\bar{H}$  для получения вектора  $\bar{B}$ , 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  $\bar{B} = \mu \bar{H}$  сохраняется, но вместо скалярной величины  $\mu$  используется тензор  $\hat{\mu}$ :  $\bar{B} = \hat{\mu} \cdot \bar{H}$ .



$$d = a$$

Электроды

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

$$\varepsilon = C/a$$

$S$  — площадь обкладок конденсатора;  
 $d$  — расстояние между обкладками

$C$  — 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.