

АНАЛОГИИ СООТНОШЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН

Чуев А.С. (www.bmstu.ru/ps/~chuev)

Источники электрического и магнитного полей	
$q = \lambda = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I} = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{пр}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{пр}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$ \vec{A} = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{пр}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$ $B = \frac{F}{ jV _{\text{пр}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
Взаимосвязь полевых параметров и источников поля	
$\Delta\varphi = -\rho/\varepsilon_0; \quad \vec{E} = -\text{grad } \varphi$	$\Delta\vec{A} = -\mu_0\vec{j}; \quad \vec{B} = \text{rot } \vec{A}$
Поле, создаваемое диполем	
$E = \frac{1}{\varepsilon_0} \frac{p_e}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$	$B = \mu_0 \frac{p_m}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$
Потенциальная энергия и вращательный момент, действующий на диполь	
$W = -\vec{p}_e \vec{E}; \quad \vec{M} = [\vec{p}_e \times \vec{E}]$	$W = -\vec{p}_m \vec{B}; \quad \vec{M} = [\vec{p}_m \times \vec{B}]$
Сила, действующая на диполь в неоднородном поле	
$F = p_e \frac{\partial E}{\partial x}$	$F = p_m \frac{\partial B}{\partial x}$
Реакция вещества на внешнее поле	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \kappa = \varepsilon - 1; \quad \boxed{\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_q}{V}}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \chi = \mu - 1; \quad \boxed{\vec{J} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}}$
Основные соотношения векторов	
$\vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\vec{D} - \vec{P}) = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0} \vec{D}$	$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) = \mu\mu_0\vec{H}$
Граничные условия для векторов	
$E_{\tau 1} = E_{\tau 2}; \quad D_{n1} = D_{n2};$ $P_n = \sigma' = \frac{q'^{\text{пов}}}{S}$	$H_{\tau 1} = H_{\tau 2}; \quad B_{n1} = B_{n2};$ $J_R = i'^{\text{пов}} = \frac{I'^{\text{пов}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$ $\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \boxed{\oint \vec{E} d\vec{l} = 0}$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$ $\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \boxed{\oint \vec{B} d\vec{S} = 0}$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div} \vec{D} = \rho; \quad \text{div} \vec{P} = -\rho'$ $\text{div} \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \boxed{\text{rot} \vec{E} = 0}$	$\text{rot} \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot} \vec{J} = \vec{j}'$ $\text{rot} \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad \boxed{\text{div} \vec{B} = 0}$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

Соотношения Чуева (выделены рамкой красного цвета)

$$\vec{D} = \frac{\sum \vec{p}_e^{\text{вирт}}}{V}$$

$$D_{n1} = D_{n2}; \quad D_{\tau1} = D_{\tau2}.$$

На границе двух диэлектриков, возможно

$$\oint \vec{E} d\vec{l} \neq 0 \quad \text{и} \quad \text{rot} \vec{E} \neq 0$$

$$\vec{H} = \frac{\sum \vec{p}_m^{\text{вирт}}}{V}$$

$$H_{\tau1} = H_{\tau2}; \quad H_{n1} = H_{n2}; \quad \text{div} \vec{H} = 0.$$

На полюсах магнита и в отсутствии токов

$$\text{проводимости} \quad \text{div} \vec{B} / \mu_0 = -\text{div} \vec{J}$$

Соотношения, выделенные рамкой красного цвета, не являются общепризнанными.

Примеры, подтверждающие верность этих соотношений:

