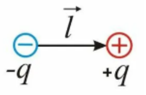
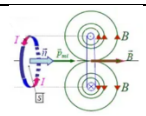
АНАЛОГИИ СООТНОШЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН

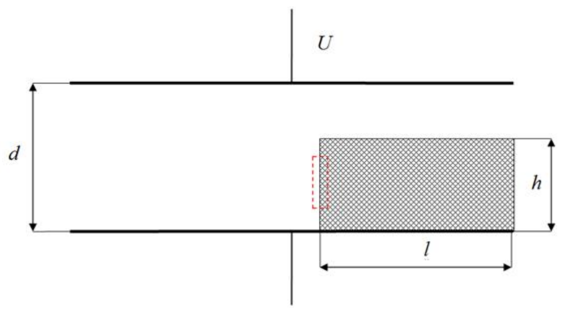
Чуев А.С., chuev@mail.ru, МГТУ им. Н.Э. Баумана

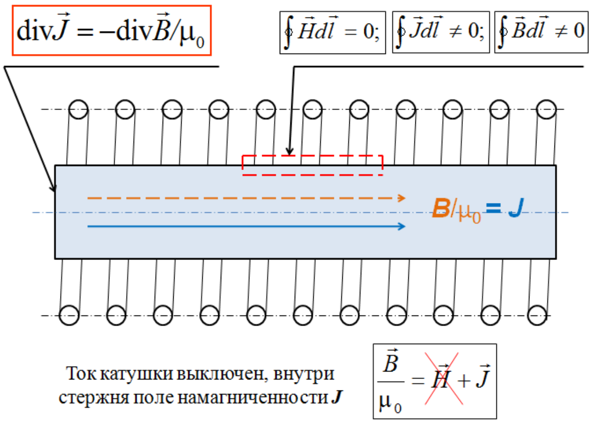
Элементарные источники электрического и магнитного полей	
$dq = \lambda dl = \sigma dS = \rho dV$	$dq\vec{v} = Id\vec{l} = \vec{j}dV$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{Пр}}}$; $\varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r}\int \rho dV$; $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{Пр}}}$; $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_0}{r^2}\vec{e}_r$	$\lvert\vec{A}\rvert = \frac{W}{\lvert\vec{j}V\rvert_{\text{Пр}}}$; $\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r}\int \vec{j}_0 dV$; $B = \frac{F}{\lvert\vec{j}V\rvert_{\text{Пр}}}$; $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2}[\vec{j}_0 \times \vec{e}_r]dV$
Дифференциальные соотношения полевых параметров и источников поля	
$\vec{E} = -\mathrm{grad}\,\varphi$; $\Delta\varphi = -\rho/\varepsilon_0$	$\vec{B} = \mathrm{rot}\,\vec{A}$; $\Delta\vec{A} = -\mu_0\vec{j}$
Дипольные источники электрического и магнитного поля	
$\vec{p}_e = q\vec{l}$ 	$\vec{p}_m = IS\vec{n}$ 
Силовое поле, создаваемое дипольными источниками поля	
$\vec{E}(r) = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0}\frac{\vec{p}_e \cdot \vec{e}_r}{4\pi r^3}$; $E = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{p_e}{4\pi r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta}$	$\vec{B}(r) = \frac{\mu\mu_0}{4\pi}\frac{[\vec{p}_m, \vec{e}_r]}{r^3}$; $B = \mu_0\frac{p_m}{4\pi r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta}$
Потенциальная энергия диполя, находящегося в силовом поле	
$W = -\vec{p}_e\vec{E}$	$W = -\vec{p}_m\vec{B}$
Вращательный момент сил, действующих на диполь в однородном поле	
$\vec{M} = [\vec{p}_e \times \vec{E}]$	$\vec{M} = [\vec{p}_m \times \vec{B}]$
Сила, действующая на диполь в неоднородном поле	
$F = p_e\frac{\partial E}{\partial x}$	$F = p_m\frac{\partial B}{\partial x}$
Объёмная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0}$
Реакция вещества на внешнее поле	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}$; $\kappa = \varepsilon - 1$; $\boxed{\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}}$	$\vec{J} = \chi\vec{H}$; $\chi = \mu - 1$; $\boxed{\vec{J} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}}$
Интерпретация вещественно-полевых параметров через параметры виртуальных частиц	
$\boxed{\vec{D} = \frac{1}{V}\sum \vec{p}_e^{\,\text{вирт}}}$	$\boxed{\vec{H} = \frac{1}{V}\sum \vec{p}_m^{\,\text{вирт}}}$
Основные соотношения полевых векторов с участием вещественных параметров	
$\vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}(\vec{D} - \vec{P}) = \frac{1}{\varepsilon\varepsilon_0}\vec{D}$	$\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{J}) = \mu\mu_0\vec{H}$
Соотношение проекций векторов на границе двух материальных сред	
$E_{\tau 1} = E_{\tau 2}$; $D_{n1} = D_{n2}$; $P_n = \sigma' = \frac{q'^{\text{пов}}}{S}$	$H_{\tau 1} = H_{\tau 2}$; $B_{n1} = B_{n2}$; $J_R = i'^{\text{пов}} = \frac{I'^{\text{пов}}}{2\pi R}$

Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D}d\vec{S} = q$; $\oint \vec{P}d\vec{S} = -q'$ $\oint \vec{E}d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}(q+q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}$; $\boxed{\oint \vec{E}d\vec{l} = 0}$	$\oint \vec{H}d\vec{l} = \sum I$; $\oint \vec{J}d\vec{l} = \sum I'$ $\oint \vec{B}d\vec{l} = \mu_0(I+I') = \mu\mu_0 I$; $\boxed{\oint \vec{B}d\vec{S} = 0}$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\mathrm{div}\vec{D} = \rho$; $\mathrm{div}\vec{P} = -\rho'$ $\mathrm{div}\vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0}(\rho+\rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}$; $\boxed{\mathrm{rot}\vec{E} = 0}$	$\mathrm{rot}\vec{H} = \vec{j}$; $\mathrm{rot}\vec{J} = \vec{j}'$ $\mathrm{rot}\vec{B} = \mu_0(\vec{j}+\vec{j}') = \mu\mu_0\vec{j}$; $\boxed{\mathrm{div}\vec{B} = 0}$
Представления А.С. Чуева о полевых и граничных параметрах (выделены рамкой красного цвета)	
$\boxed{\vec{D} = \frac{\sum \vec{p}_e^{\,\text{вирт}}}{V}}$ $D_{n1} = D_{n2}$; $\boxed{D_{\tau 1} = D_{\tau 2}}$. На границе двух диэлектриков, возможно $\boxed{\oint \vec{E}d\vec{l} \neq 0}$ и $\boxed{\mathrm{rot}\vec{E} \neq 0}$	$\boxed{\vec{H} = \frac{\sum \vec{p}_m^{\,\text{вирт}}}{V}}$ $H_{\tau 1} = H_{\tau 2}$; $\boxed{H_{n1} = H_{n2}}$; $\boxed{\mathrm{div}\vec{H} = 0}$. На полюсах магнита и в отсутствии токов проводимости $\boxed{\mathrm{div}\vec{B}/\mu_0 = -\mathrm{div}\vec{J}}$

Соотношения, выделенные рамкой красного цвета, не являются общепризнанными.

Подтверждающие примеры:





Дополнительные соотношения:

$$\omega_{рез} = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}; \quad W = \frac{CU^2}{2}; \quad W = \frac{LI^2}{2}; \quad \frac{\partial w}{\partial t} + \mathrm{div}\vec{\Pi} = 0$$

$$\mu_0 = L_{уд} = \frac{L_{вак}S}{V}; \quad \varepsilon_0 = C_{уд} = \frac{C_{вак}S}{V}; \quad F = BIl\sin\alpha$$