

# Визуализация системных соотношений физических величин в магнетизме

А.С. Чуев, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
2019 г.

$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l + \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

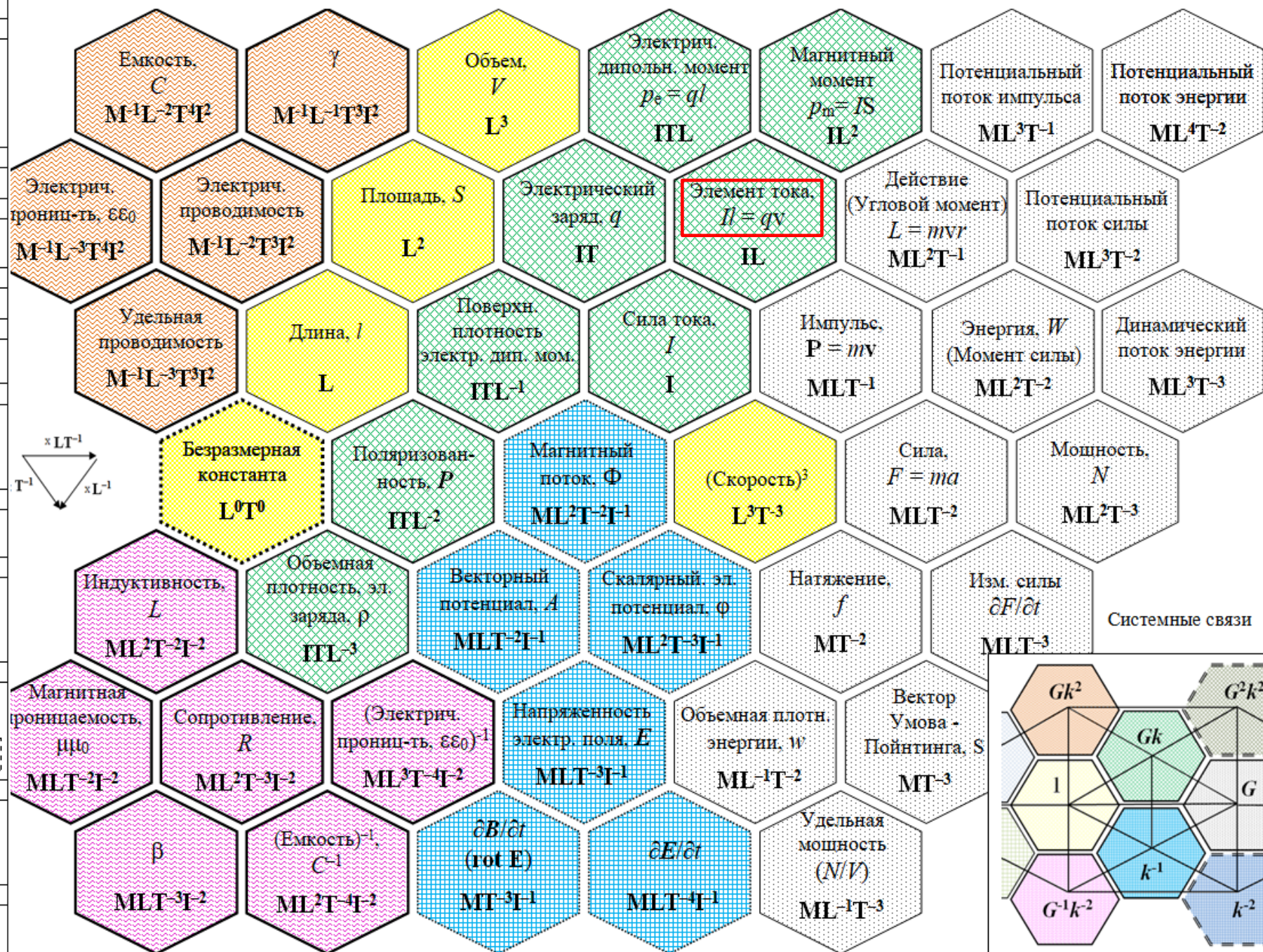
$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

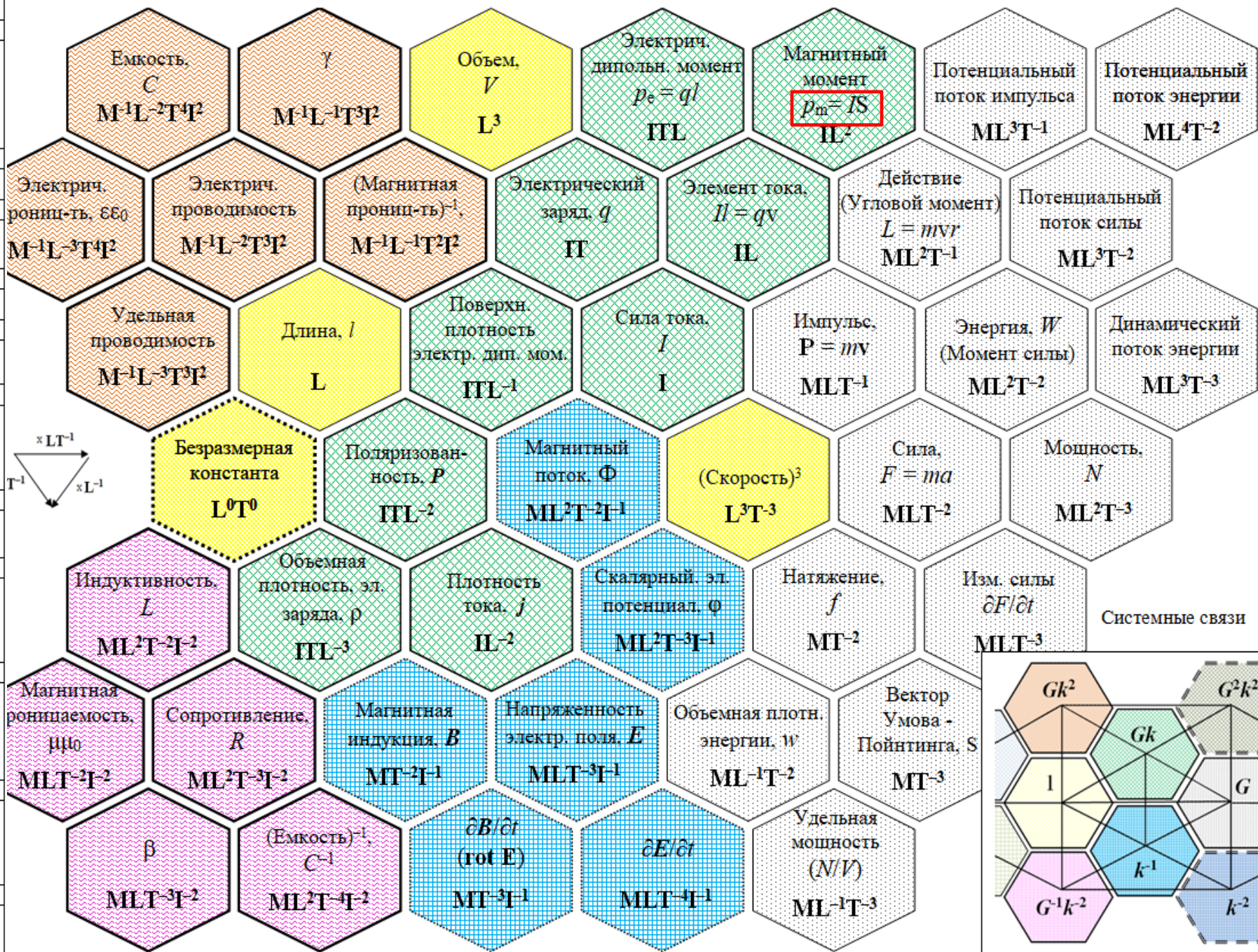
## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного поля	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = I\vec{S}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \sum \frac{\vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \sum \frac{\vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{r1} = E_{r2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{r1} = H_{r2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$	$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

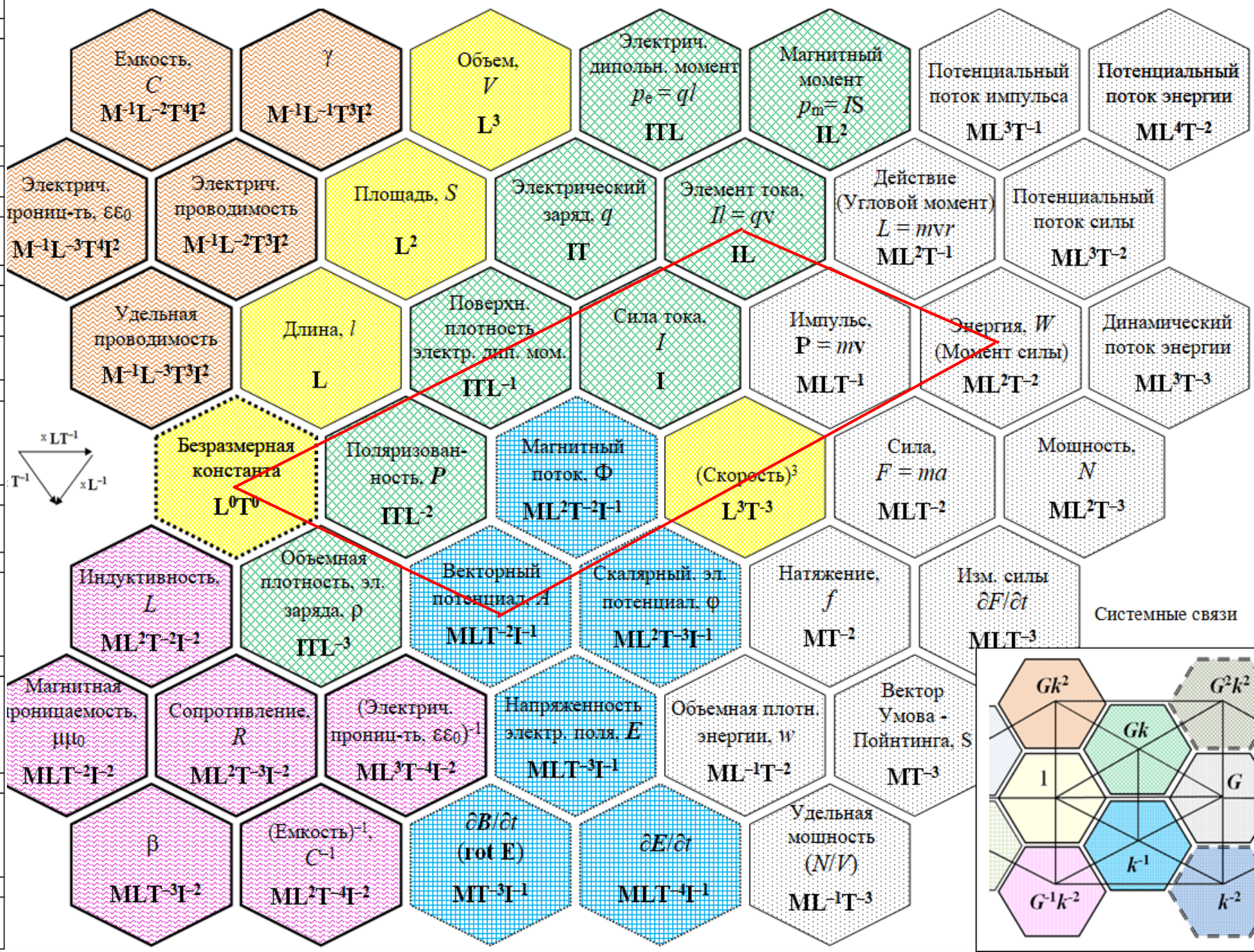
## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного поля	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$B = \frac{F}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$	$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

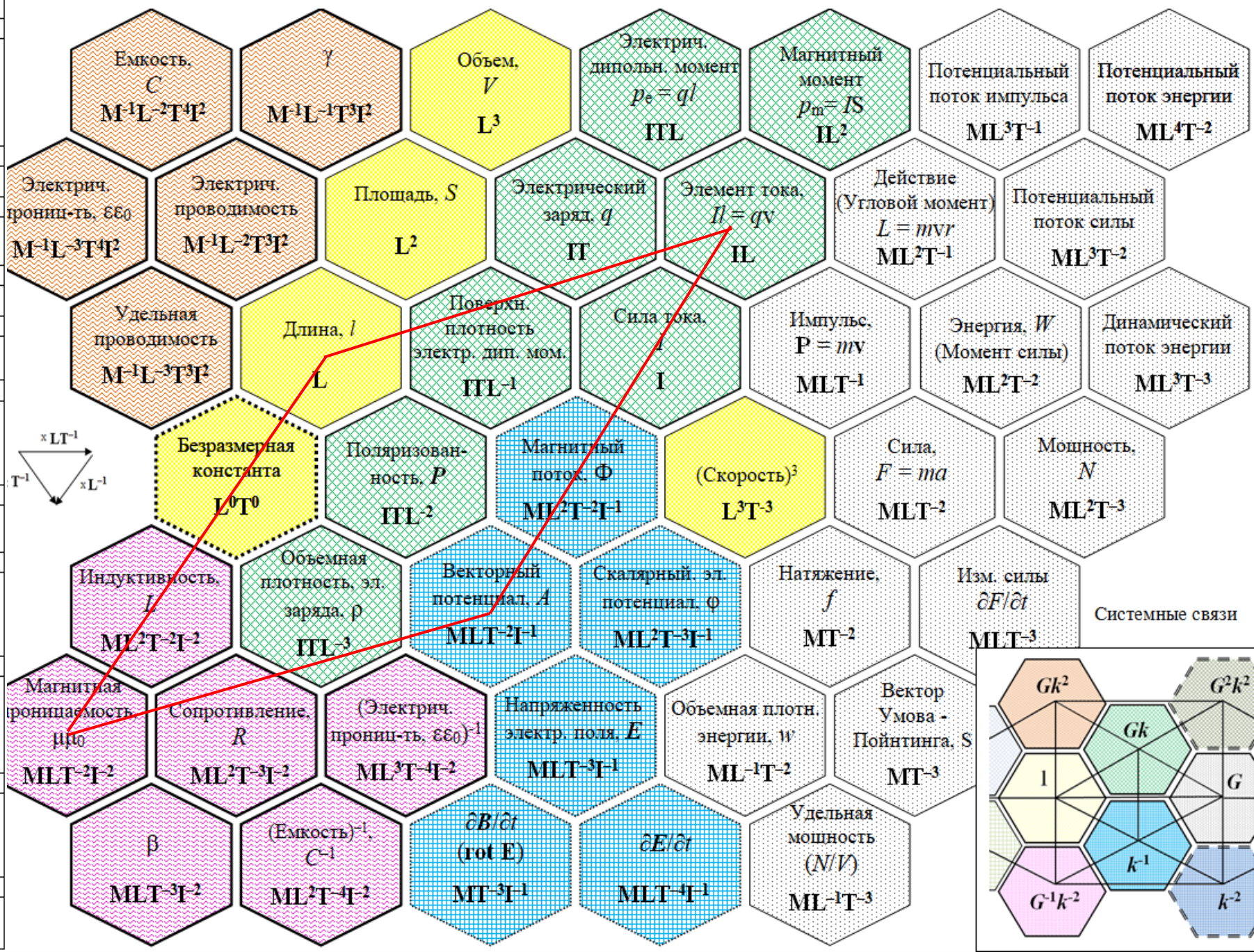
## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного поля	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$B = \frac{F}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$	$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

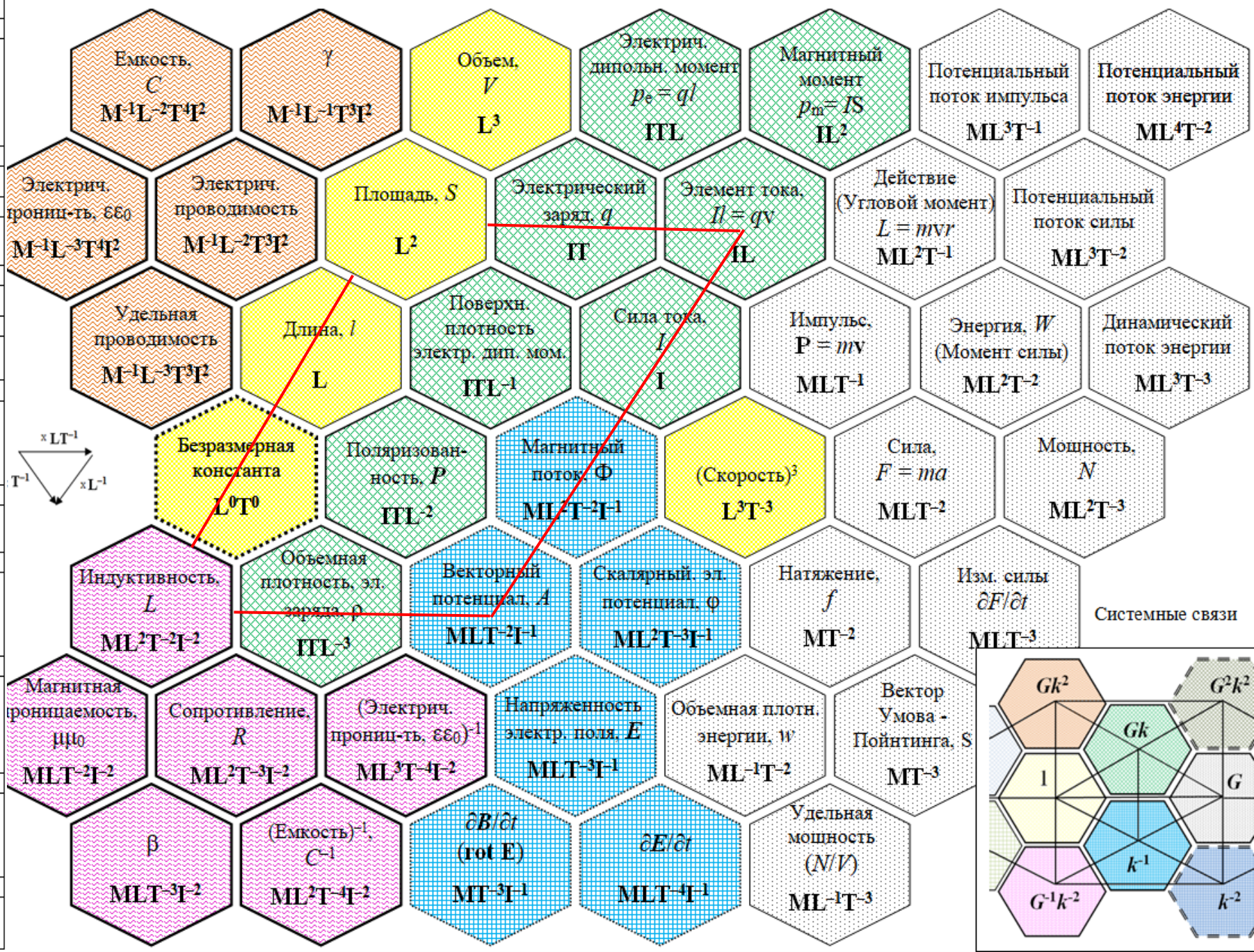
## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного поля	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j} dV$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$	$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \left| \frac{\vec{W}}{jV} \right|; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{jV}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

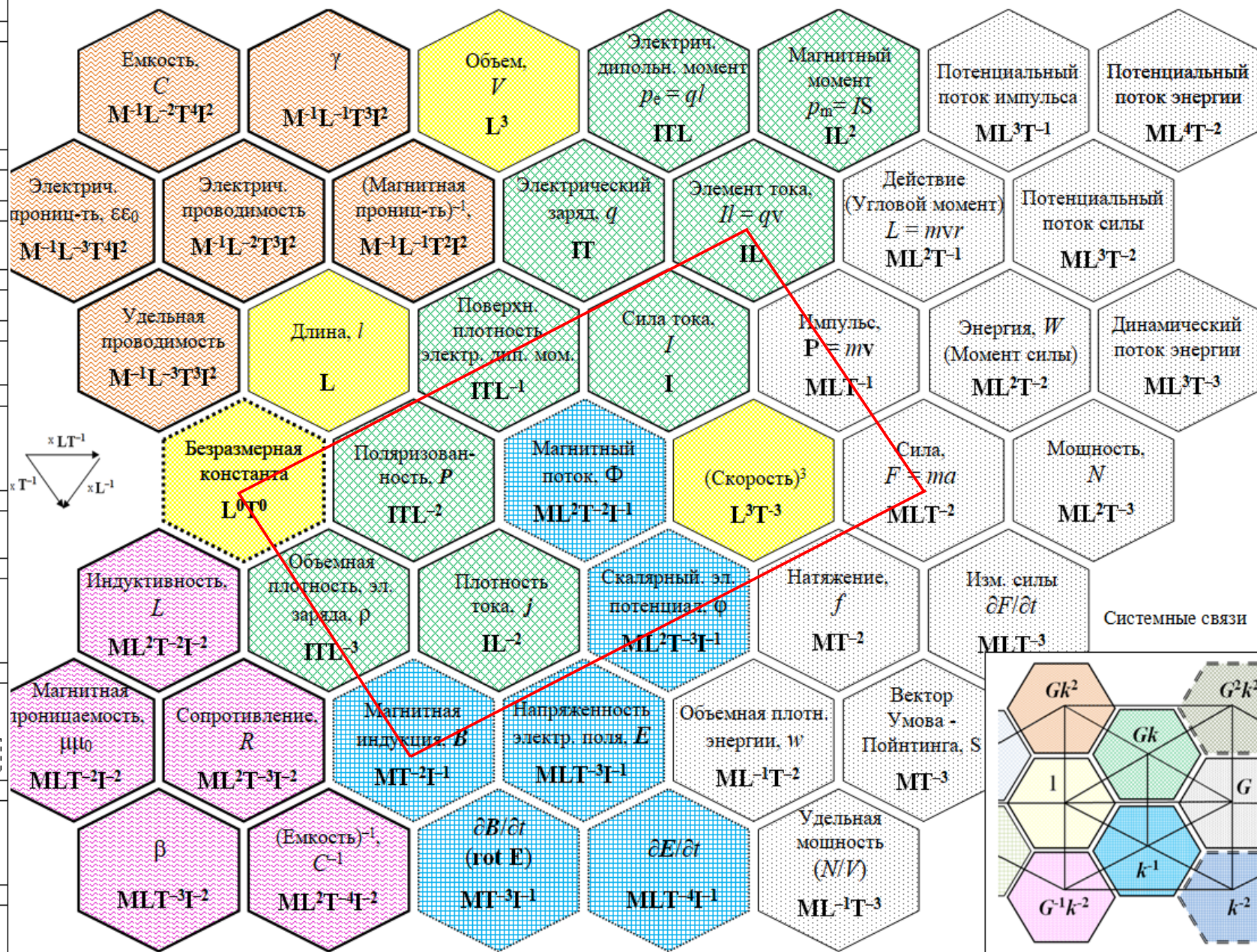
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

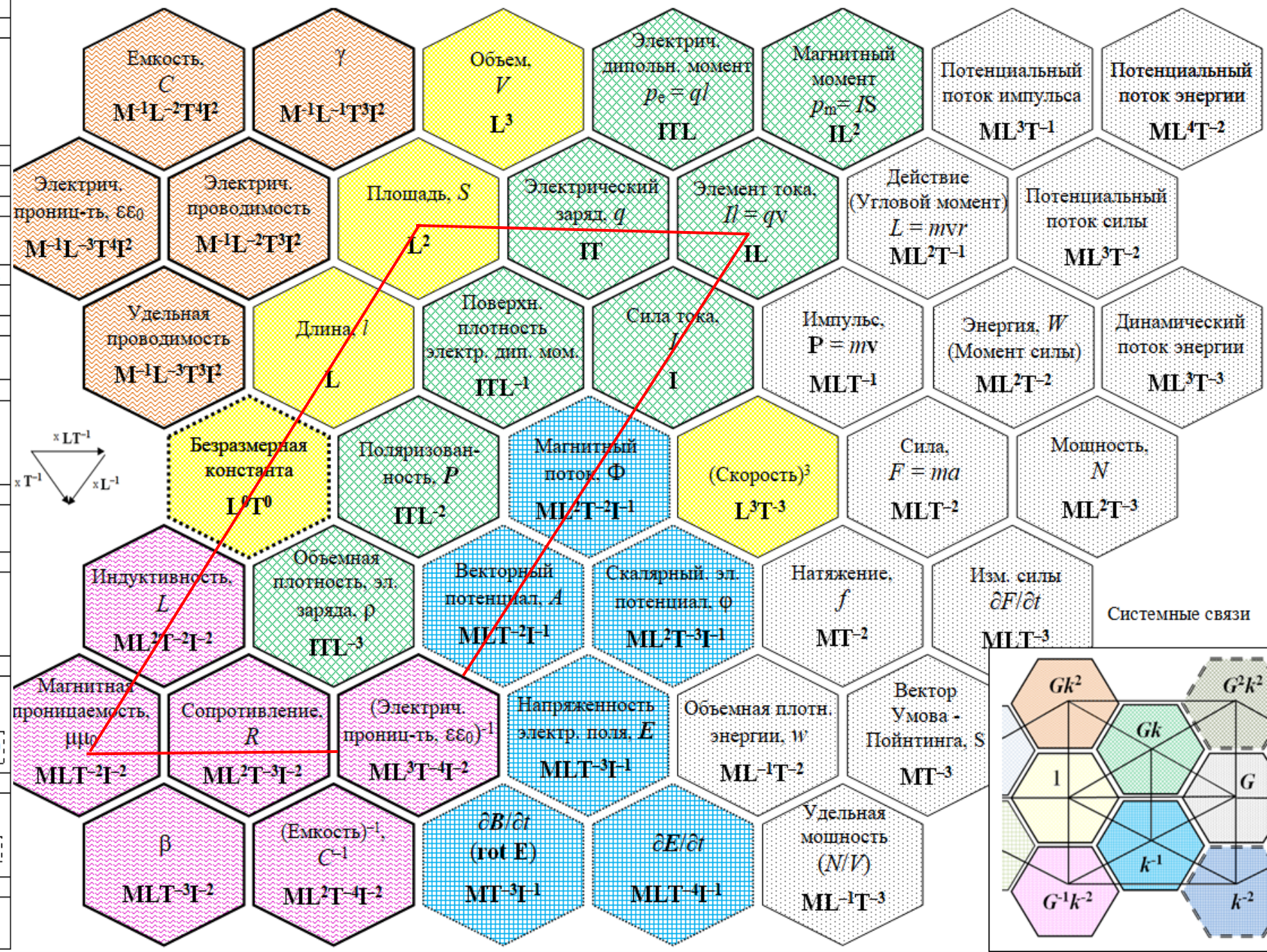
# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного полей	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$B = \frac{F}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V};$ $\kappa = \varepsilon - 1$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V};$ $\chi = \mu - 1$
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	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{пош}}}{S}$	$J_R = i'_{\text{пош}} = \frac{I'_{\text{пош}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \text{rot } \vec{E} = 0;$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad \text{div } \vec{B} = 0;$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

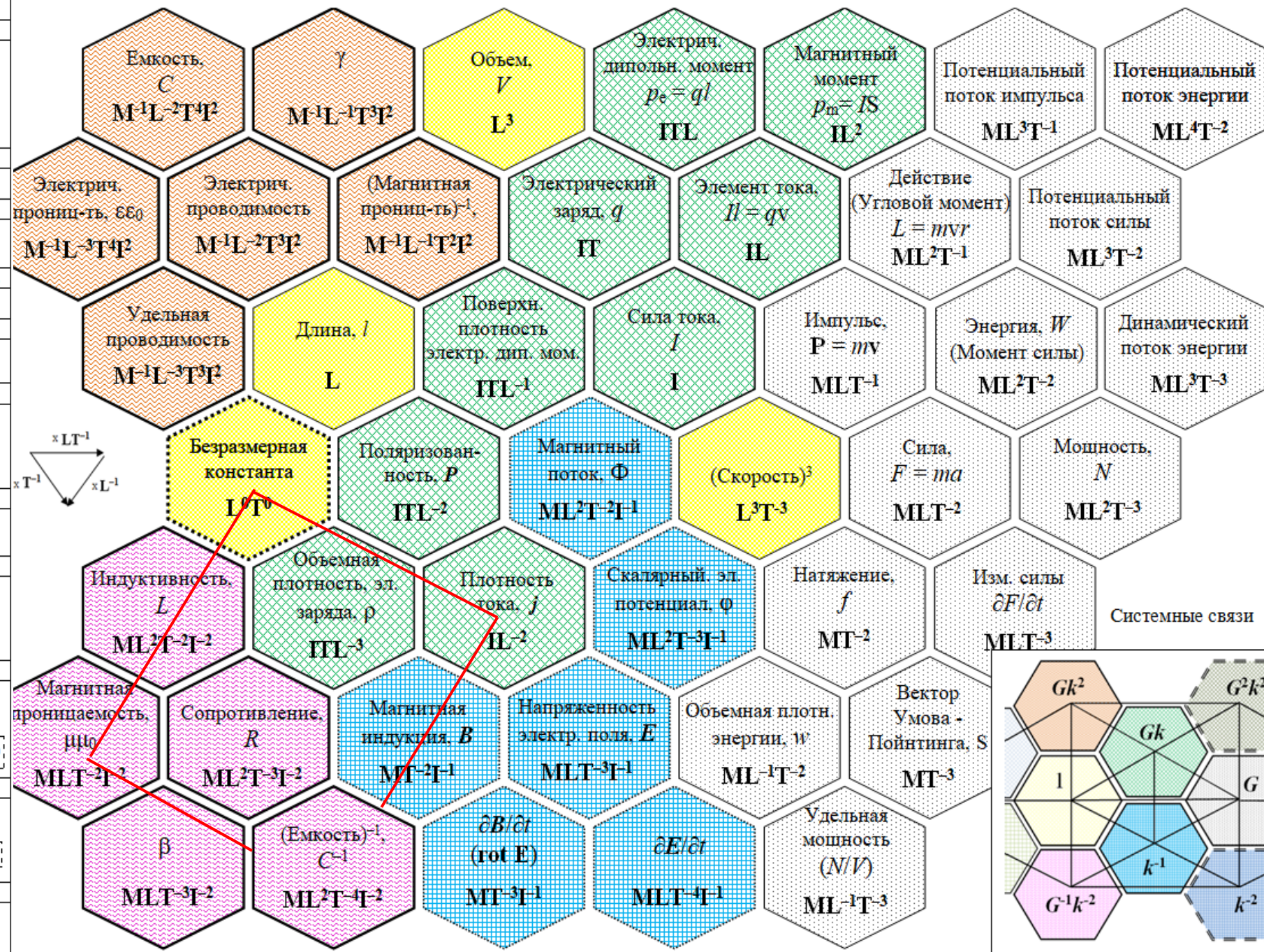
## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного полей	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \left  \frac{\vec{W}}{jV} \right _{\text{ип}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ jV _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{j} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поверх}}}{S}$	$J_k = i'_{\text{поверх}} = \frac{I'_{\text{поверх}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{j} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{j} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \text{rot } \vec{E} = 0;$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad \text{div } \vec{B} = 0;$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \sum \frac{\vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \sum \frac{\vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поверх}}}{S}$$

$$J_K = i'_{\text{поверх}} = \frac{I'_{\text{поверх}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \text{rot } \vec{E} = 0$$

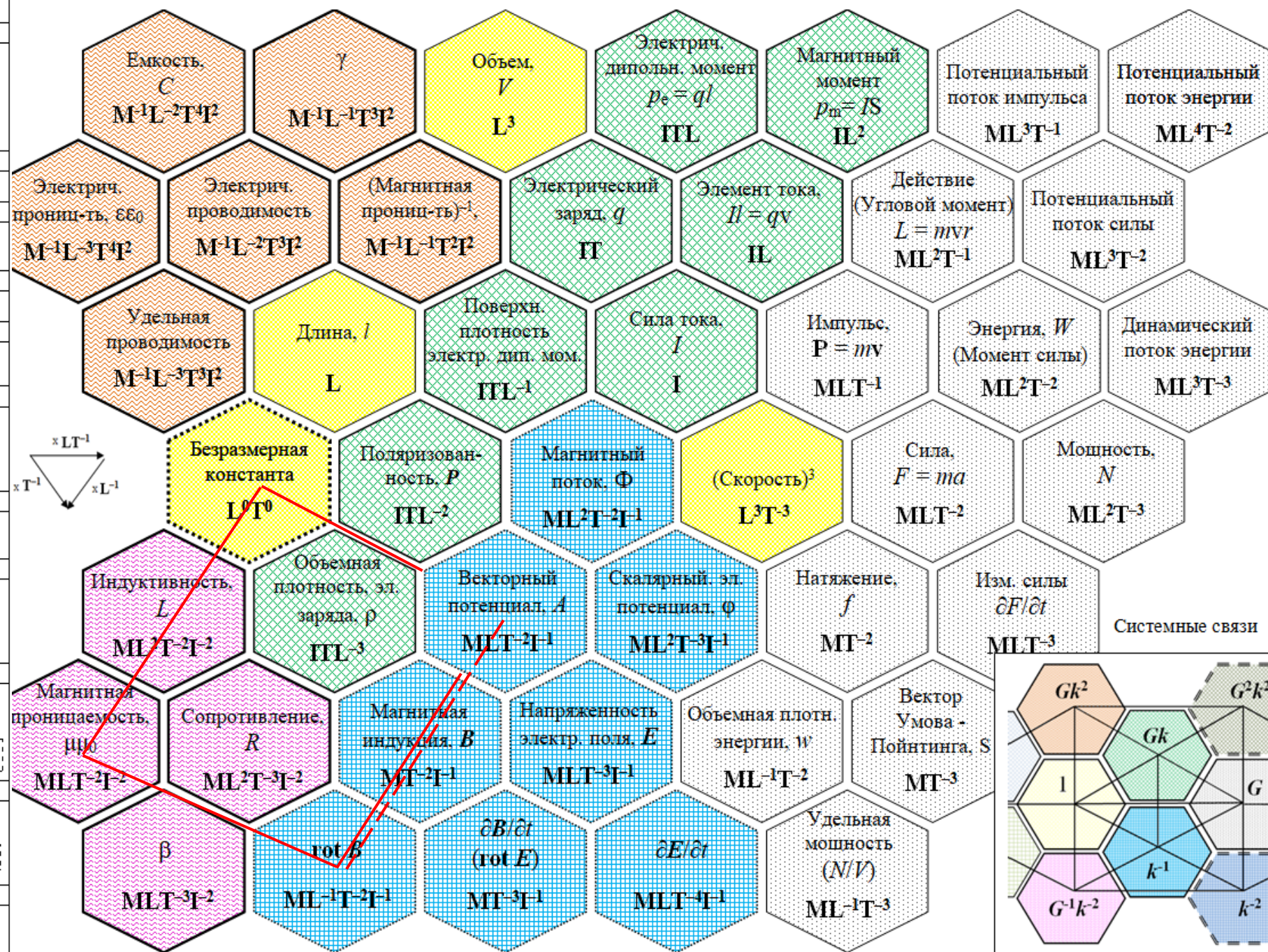
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad \text{div } \vec{B} = 0$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

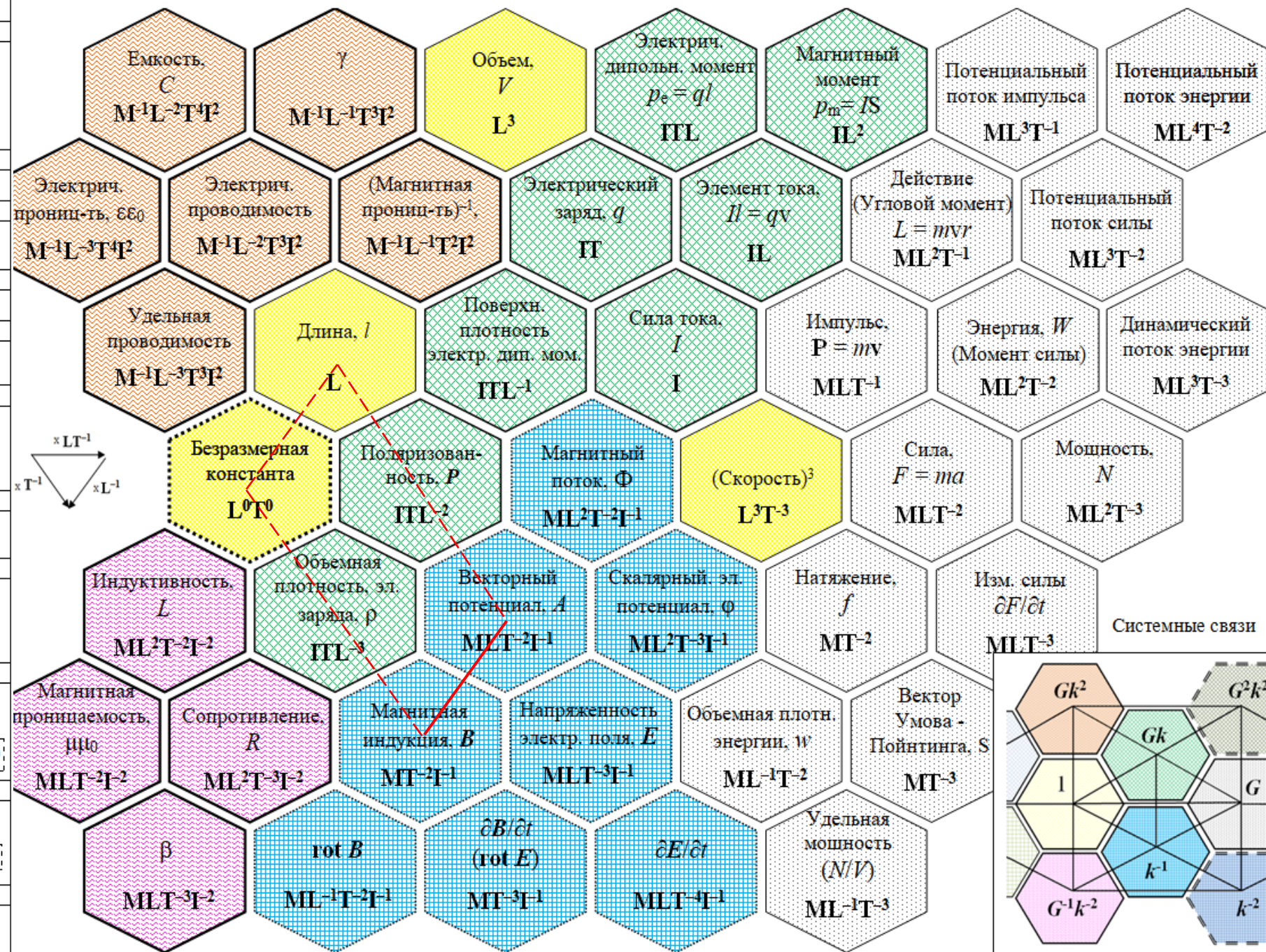
# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного полей	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\epsilon_0 4\pi} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
Взаимосвязь полевых параметров и источников поля	
$\Delta\varphi = -\rho/\epsilon_0; \quad \vec{E} = -\text{grad } \varphi$	$\Delta\vec{A} = -\mu_0\vec{j}; \quad \vec{B} = \text{rot } \vec{A}$
Поле, создаваемое диполем	
$E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{p_e}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$	$B = \mu_0 \frac{p_m}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$
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	
$\vec{P} = \kappa\epsilon_0\vec{E} = \frac{(\epsilon-1)\vec{D}}{\epsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{j} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \epsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
Основные соотношения векторов	
$\vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\vec{D} - \vec{P}) = \frac{1}{\epsilon\epsilon_0} \vec{D}$	$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{j}) = \mu\mu_0 \vec{H}$
Граничные условия для векторов	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поверх}}}{S}$	$J_R = i'_{\text{поверх}} = \frac{I'_{\text{поверх}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{j} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{j} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\epsilon\epsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\epsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

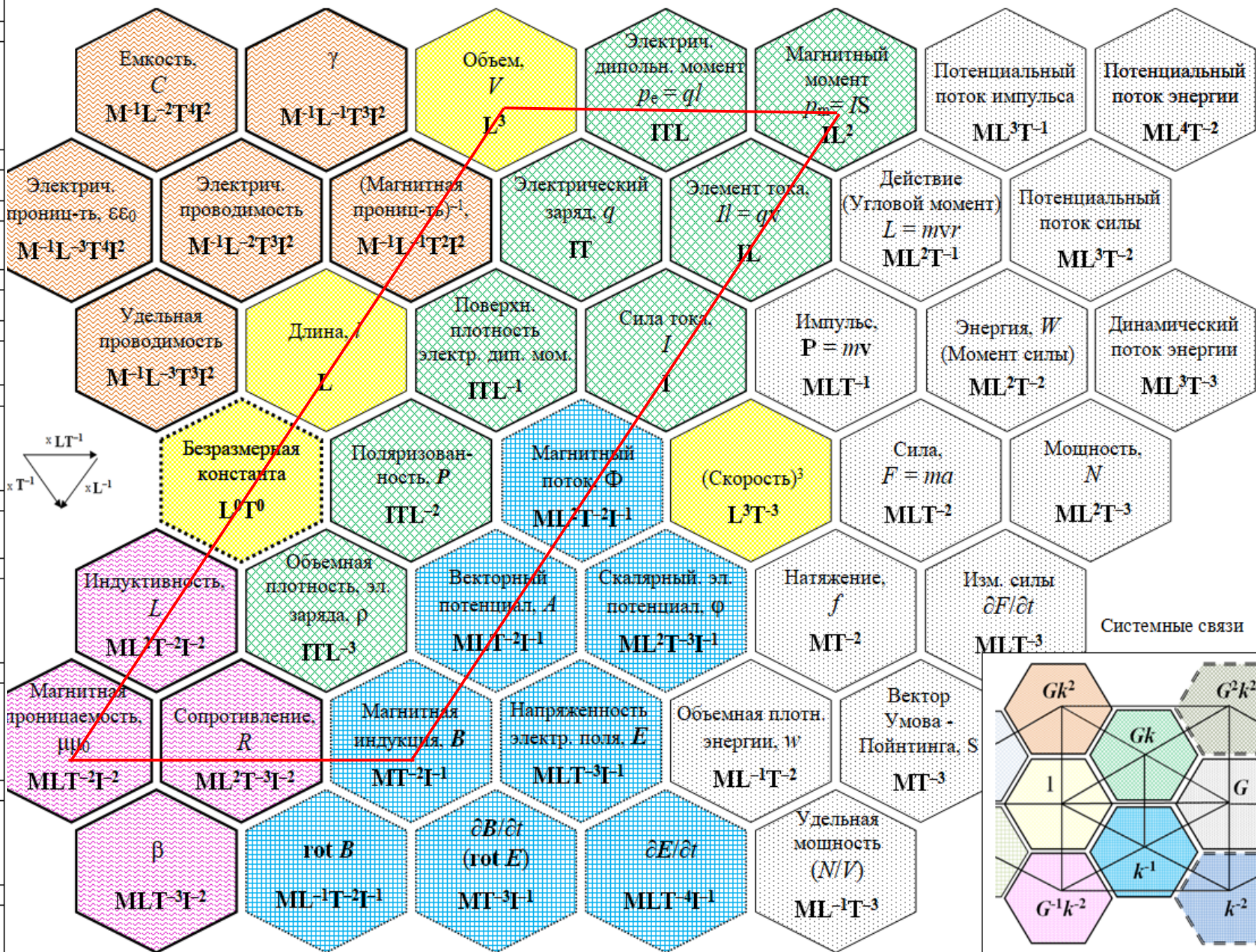
# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного полей	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ jV _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ jV _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$	$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

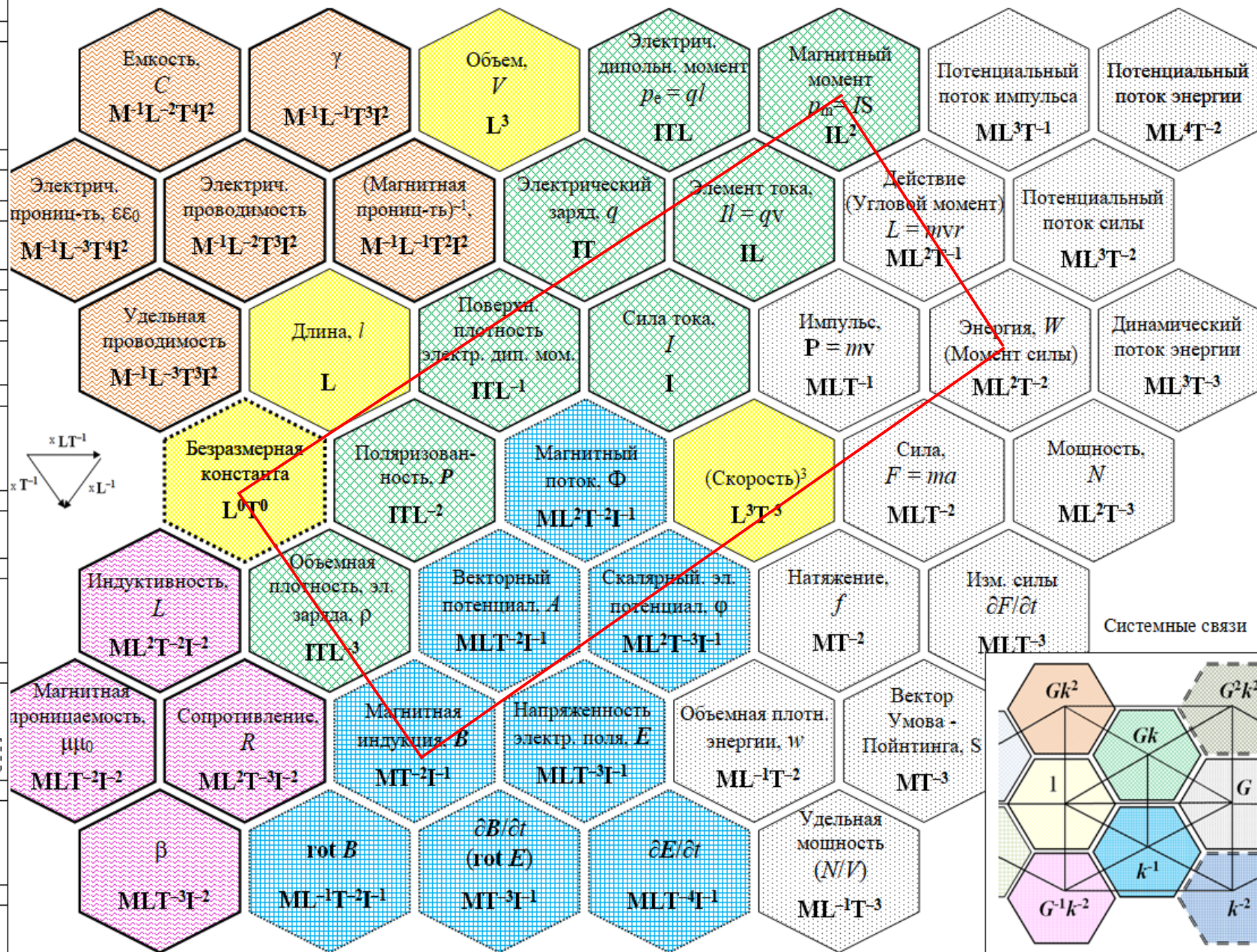
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

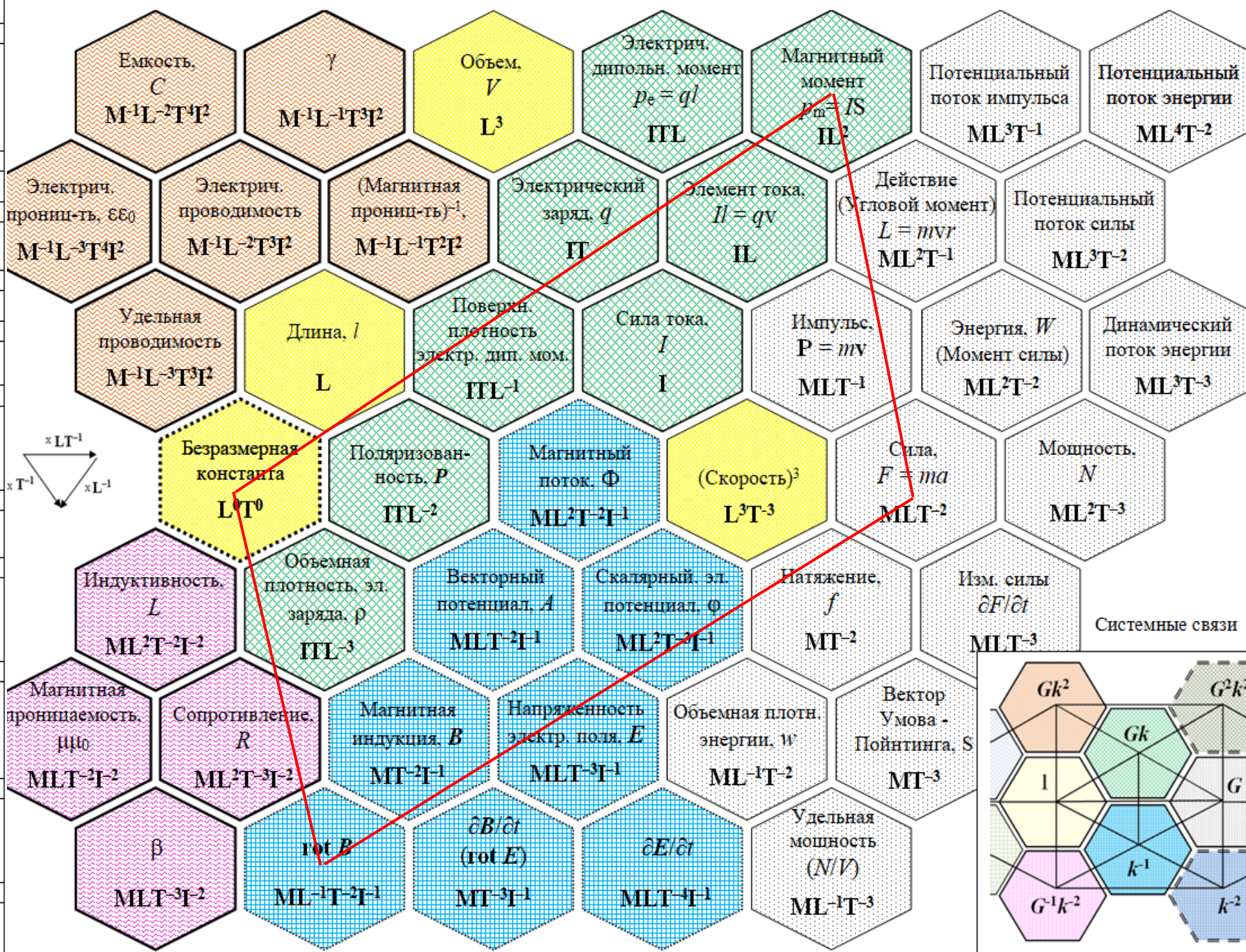
# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного полей	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ jV _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ jV _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$	$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\epsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

Взаимосвязь полевых параметров и источников поля

$$\Delta\varphi = -\rho/\epsilon_0; \quad \vec{E} = -\text{grad } \varphi$$

$$\Delta\vec{A} = -\mu_0\vec{j}; \quad \vec{B} = \text{rot } \vec{A}$$

Поле, создаваемое диполем

$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{p_e}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$$

$$B = \mu_0 \frac{p_m}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$$

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

$$\vec{P} = \kappa\epsilon_0\vec{E} = \frac{(\epsilon-1)\vec{D}}{\epsilon}; \quad \vec{p} = \sum \frac{\vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \sum \frac{\vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \epsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

Основные соотношения векторов

$$\vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\vec{D} - \vec{P}) = \frac{1}{\epsilon\epsilon_0} \vec{D}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) = \mu\mu_0 \vec{H}$$

Граничные условия для векторов

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\epsilon\epsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

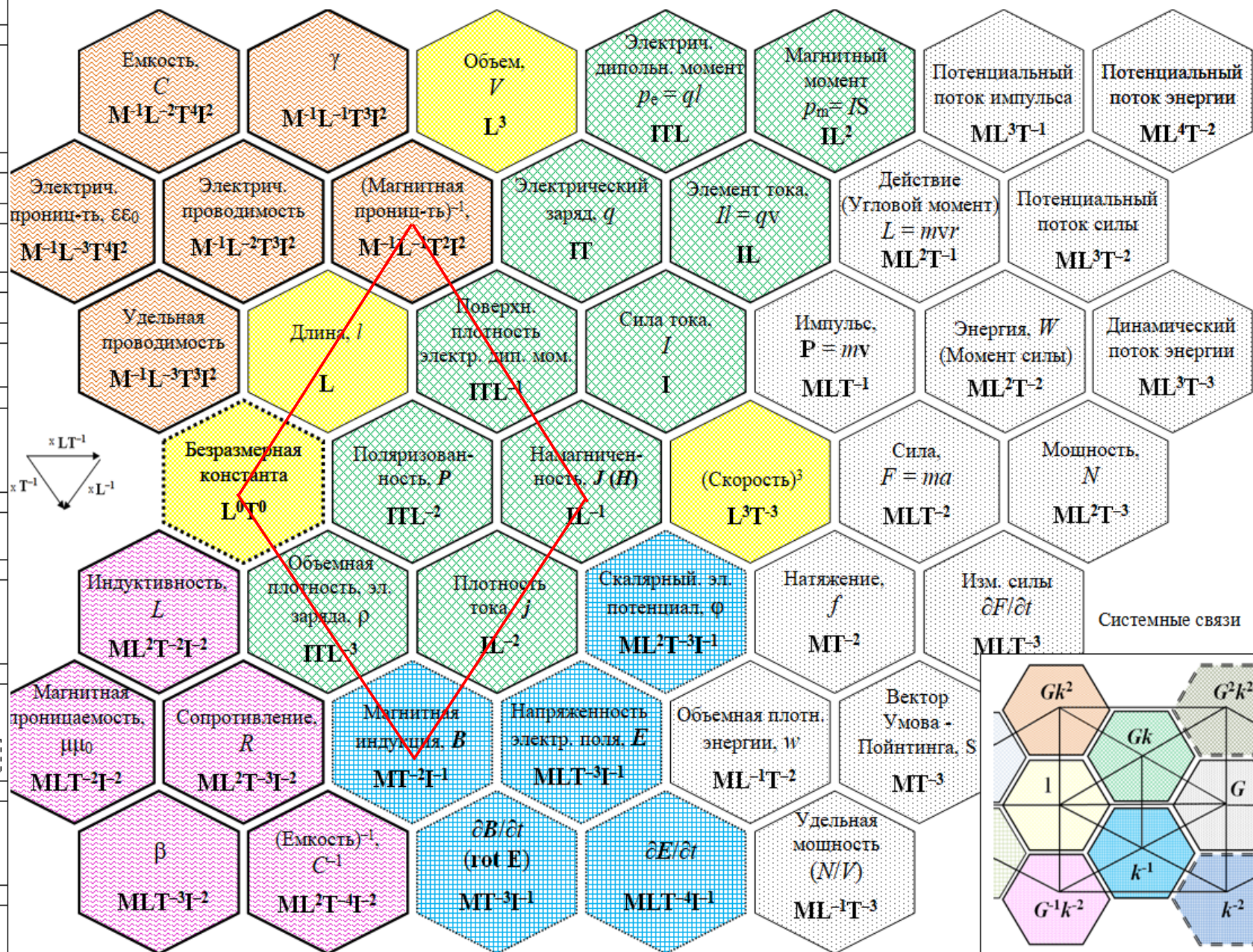
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\epsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

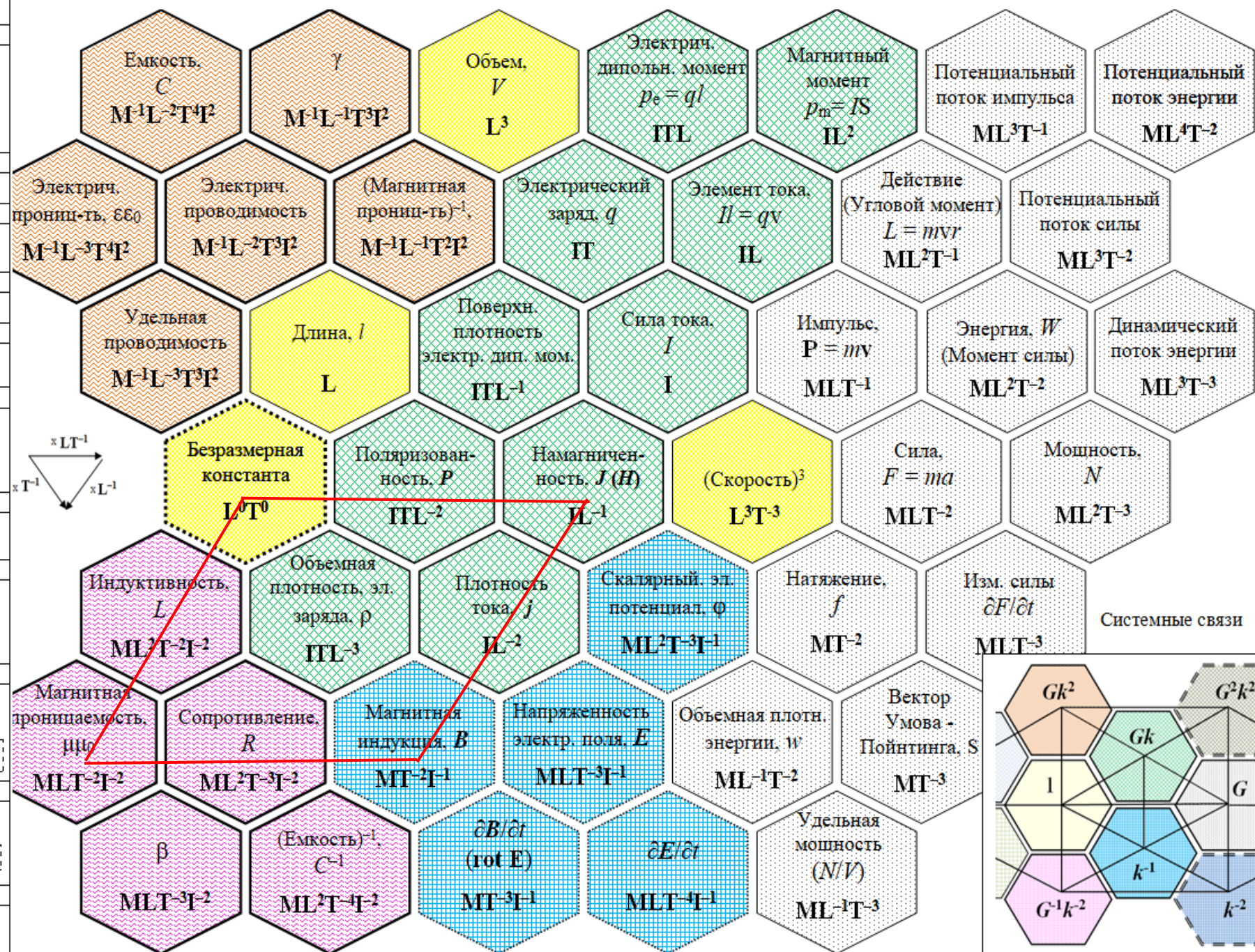
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \sum \frac{\vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \sum \frac{\vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

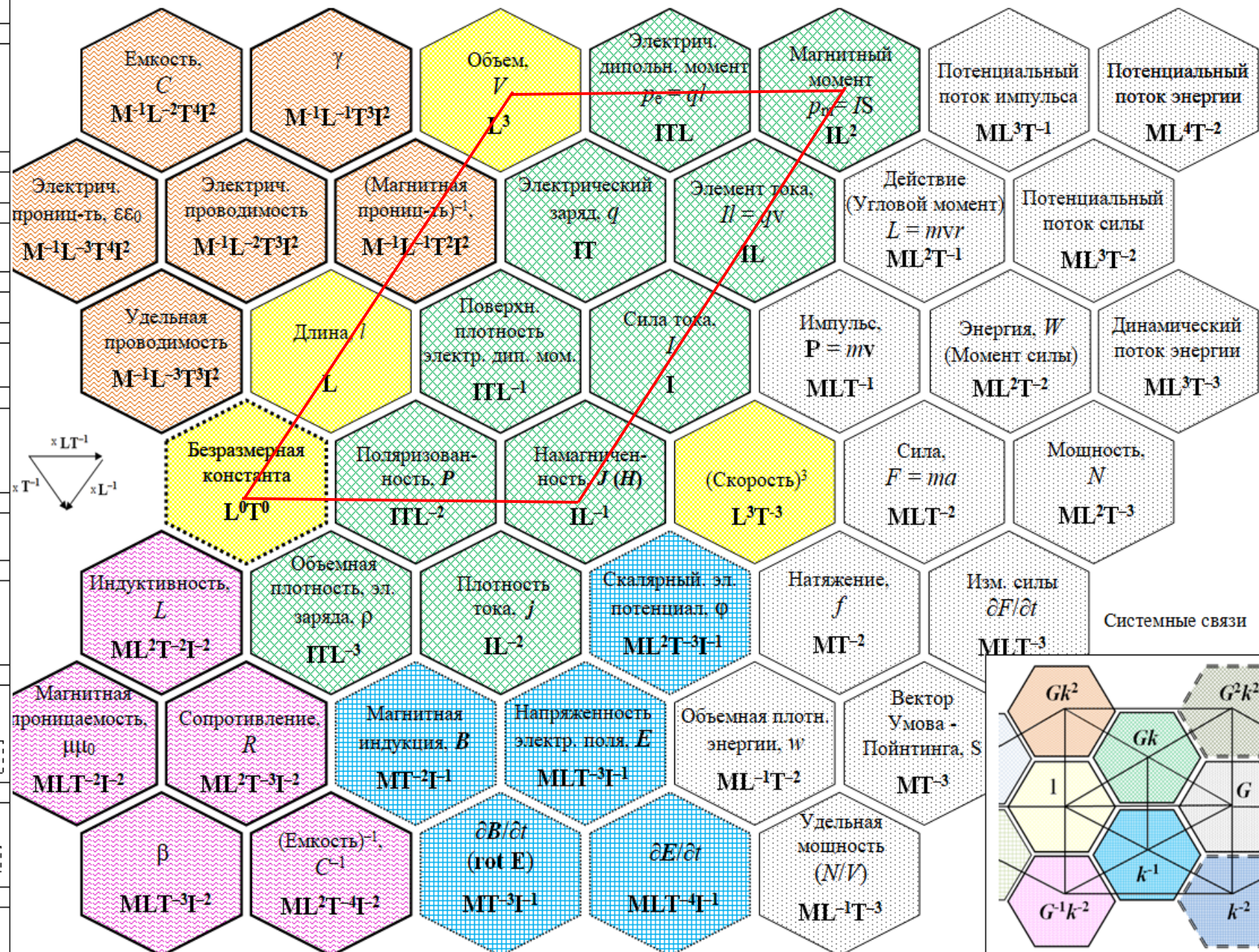
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\epsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|jV|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

Взаимосвязь полевых параметров и источников поля

$$\Delta\varphi = -\rho/\epsilon_0; \quad \vec{E} = -\text{grad } \varphi$$

$$\Delta\vec{A} = -\mu_0\vec{j}; \quad \vec{B} = \text{rot } \vec{A}$$

Поле, создаваемое диполем

$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{p_e}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$$

$$B = \mu_0 \frac{p_m}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$$

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

$$\vec{P} = \kappa\epsilon_0\vec{E} = \frac{(\epsilon-1)\vec{D}}{\epsilon}; \quad \vec{P} = \sum \frac{\vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{J} = \sum \frac{\vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \epsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

Основные соотношения векторов

$$\vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\vec{D} - \vec{P}) = \frac{1}{\epsilon\epsilon_0} \vec{D}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) = \mu\mu_0 \vec{H}$$

Граничные условия для векторов

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\epsilon\epsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

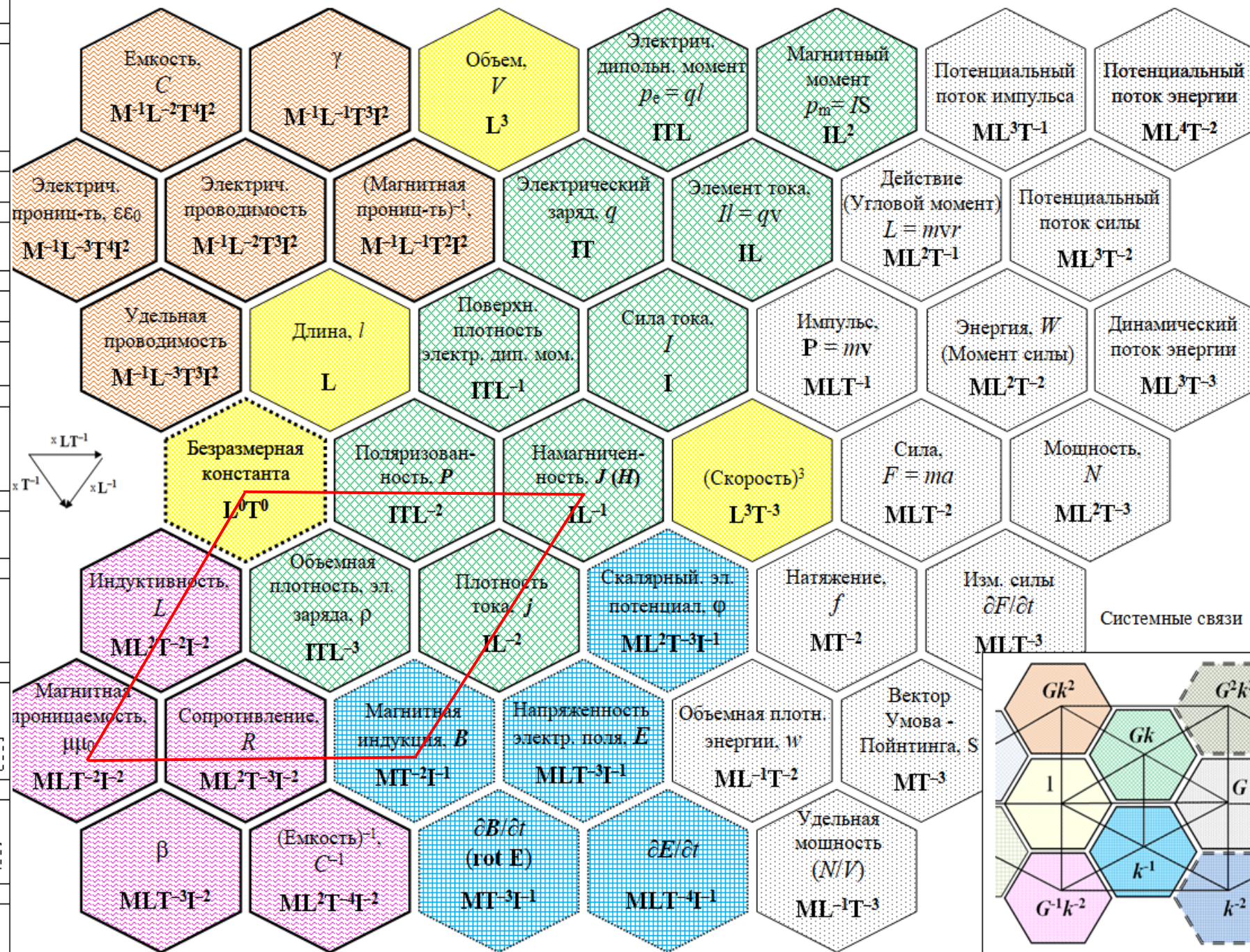
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\epsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = i'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

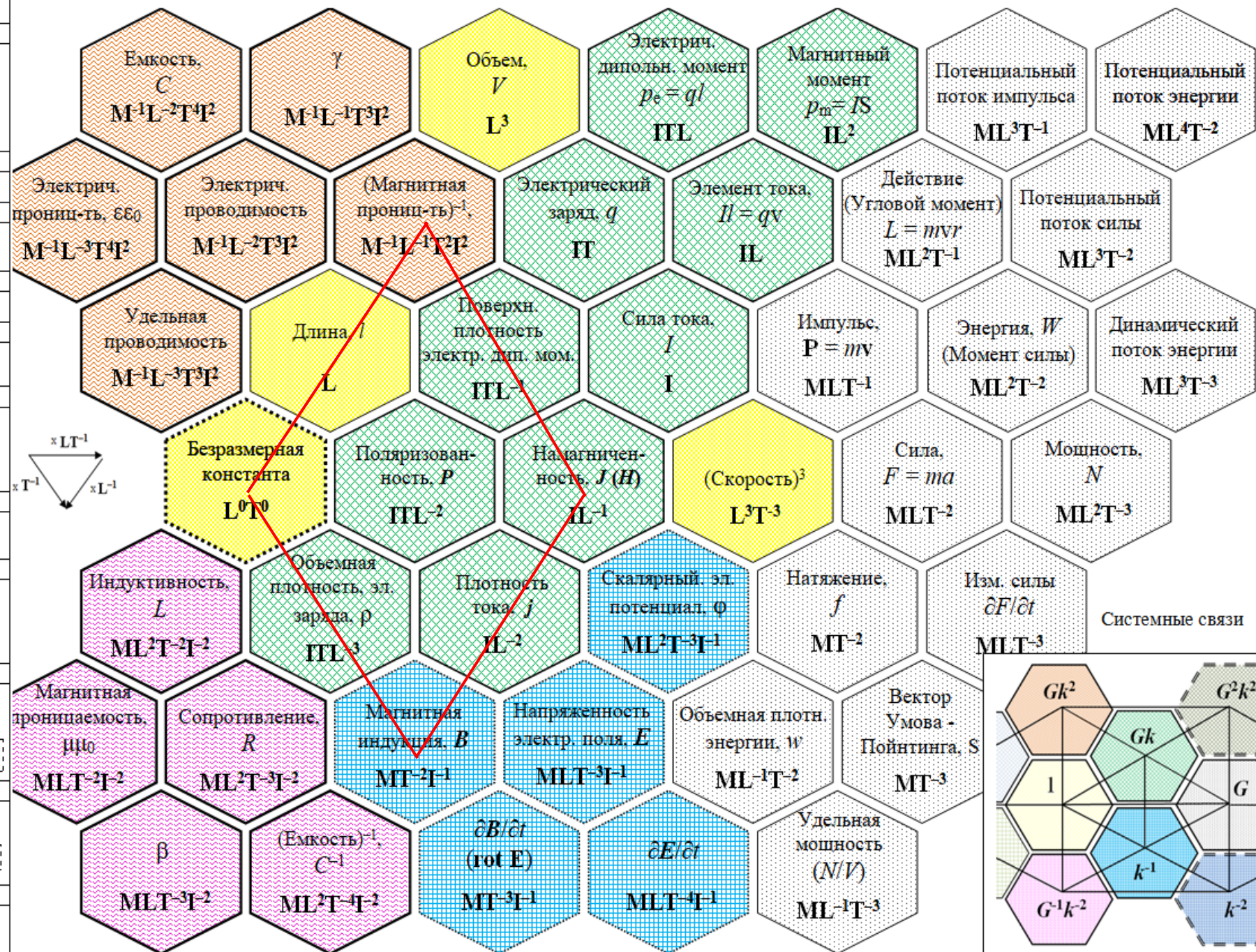
$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

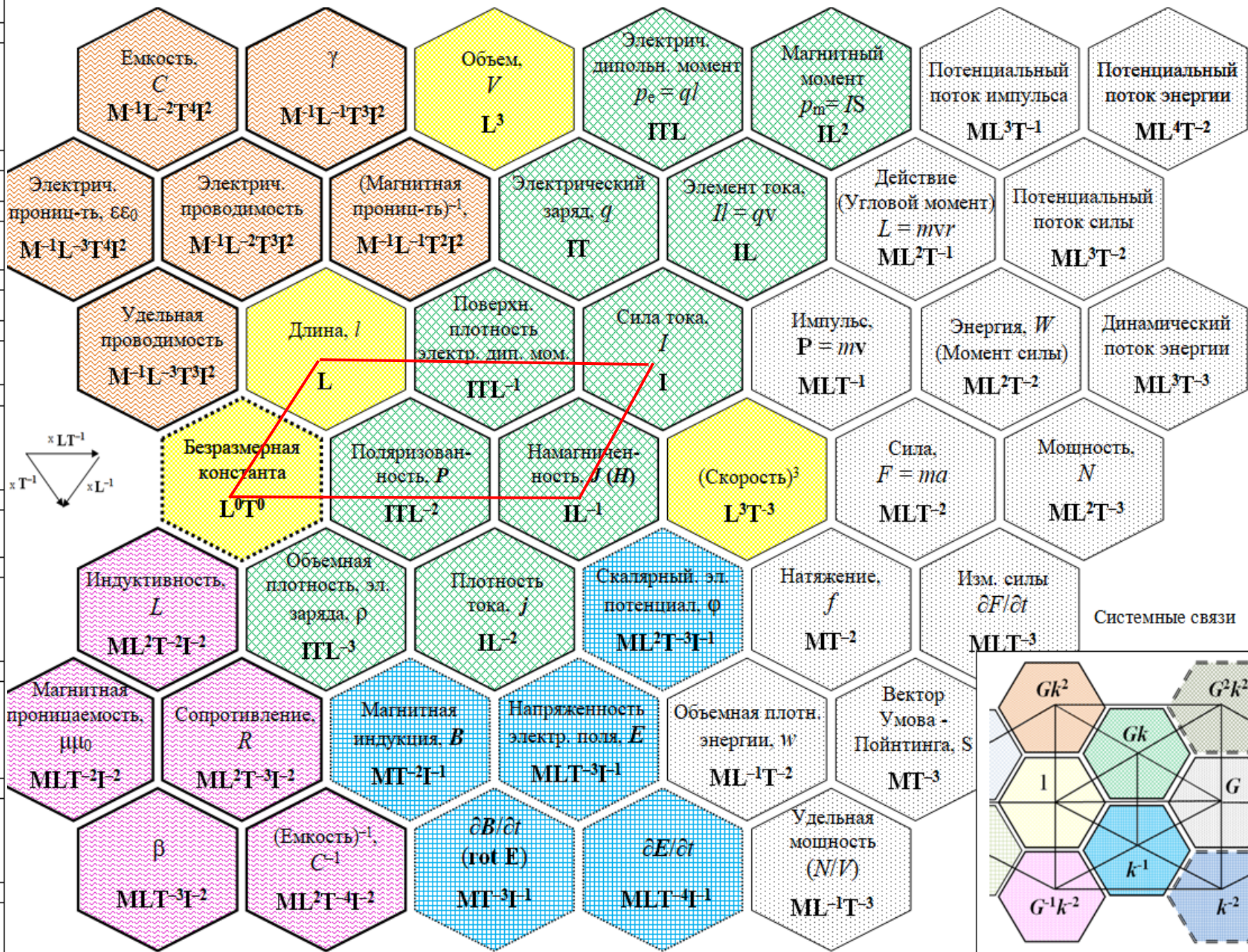
## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрических и магнитных полей	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{r1} = E_{r2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{r1} = H_{r2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$	$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

## Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

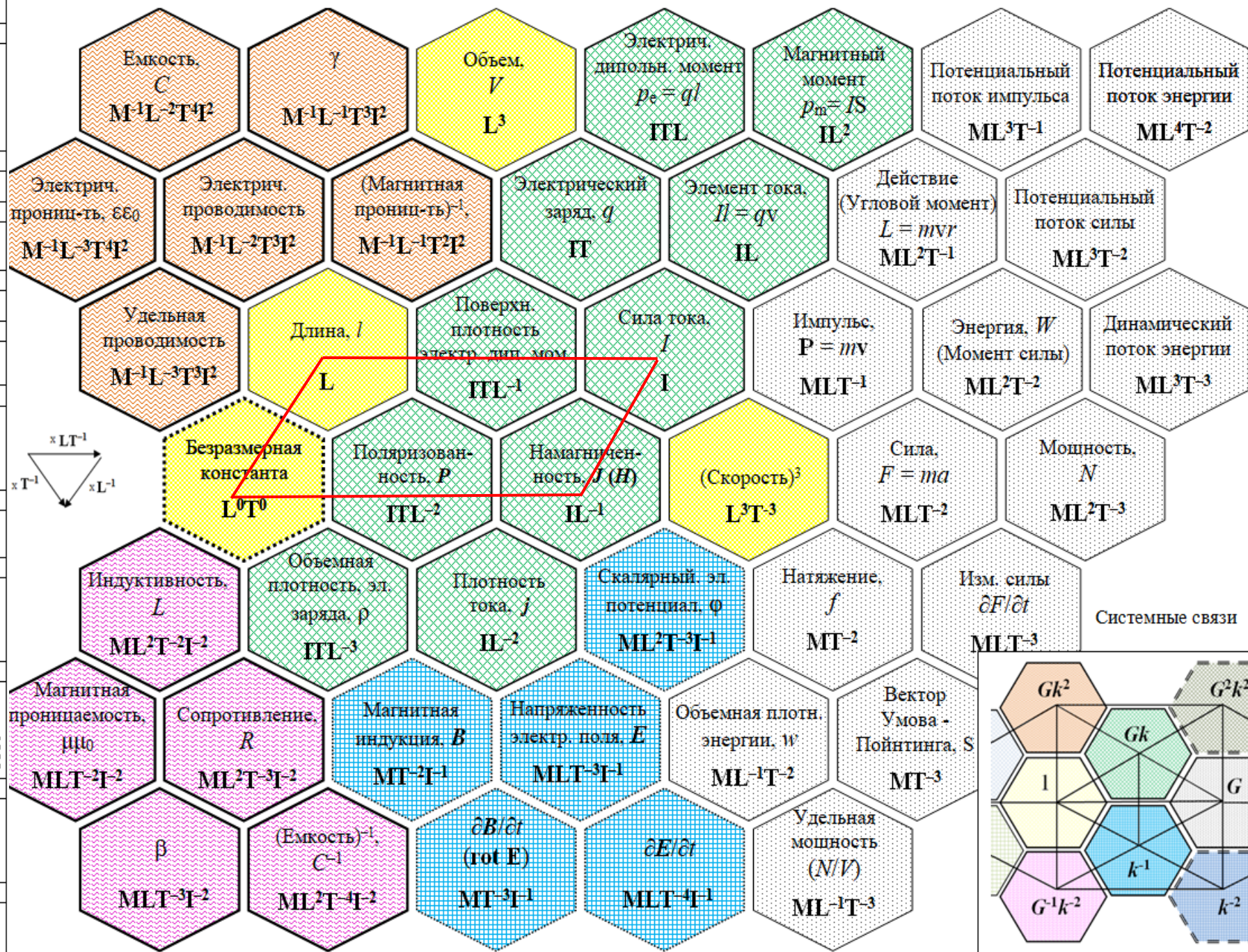
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

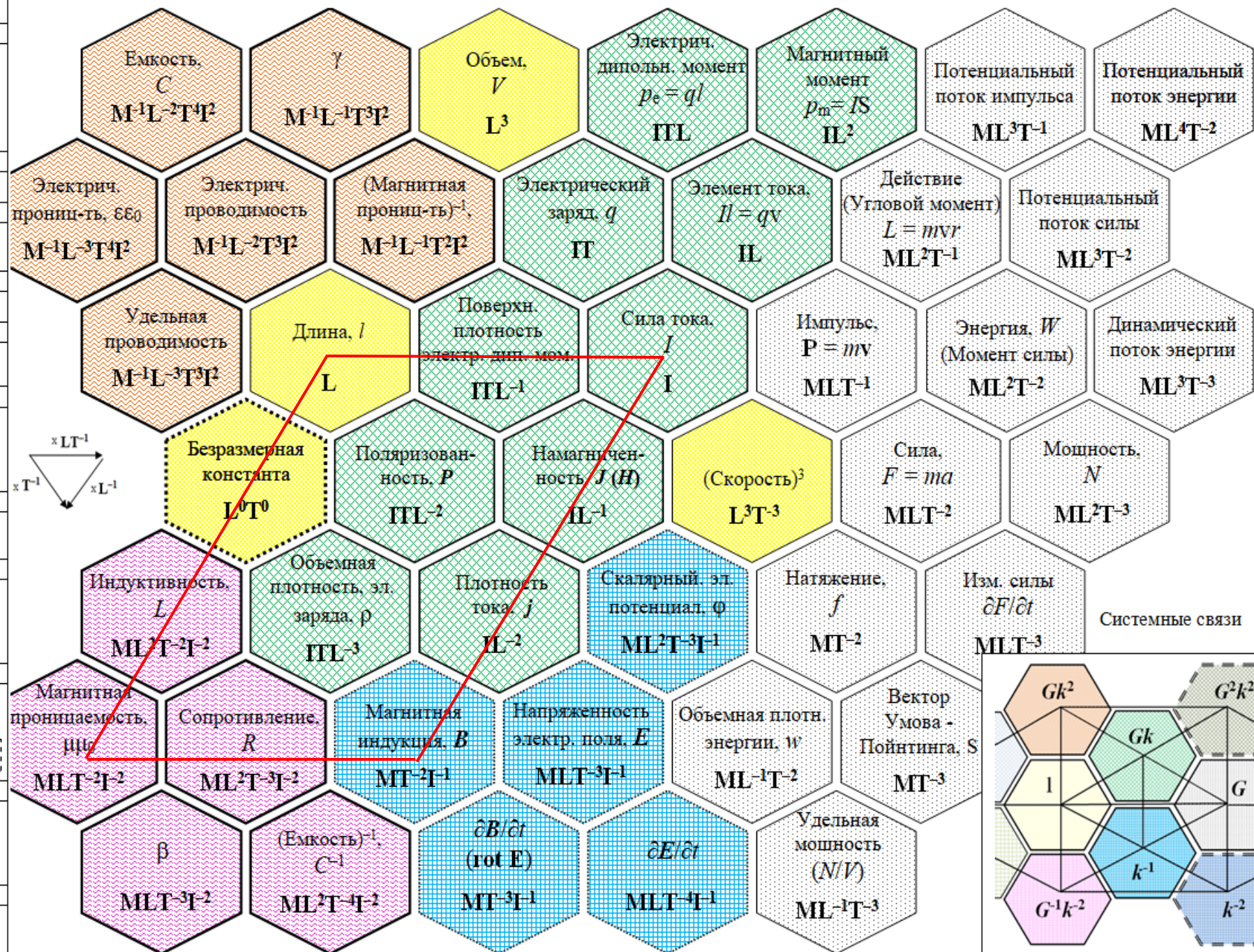
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \text{rot } \vec{E} = 0;$$

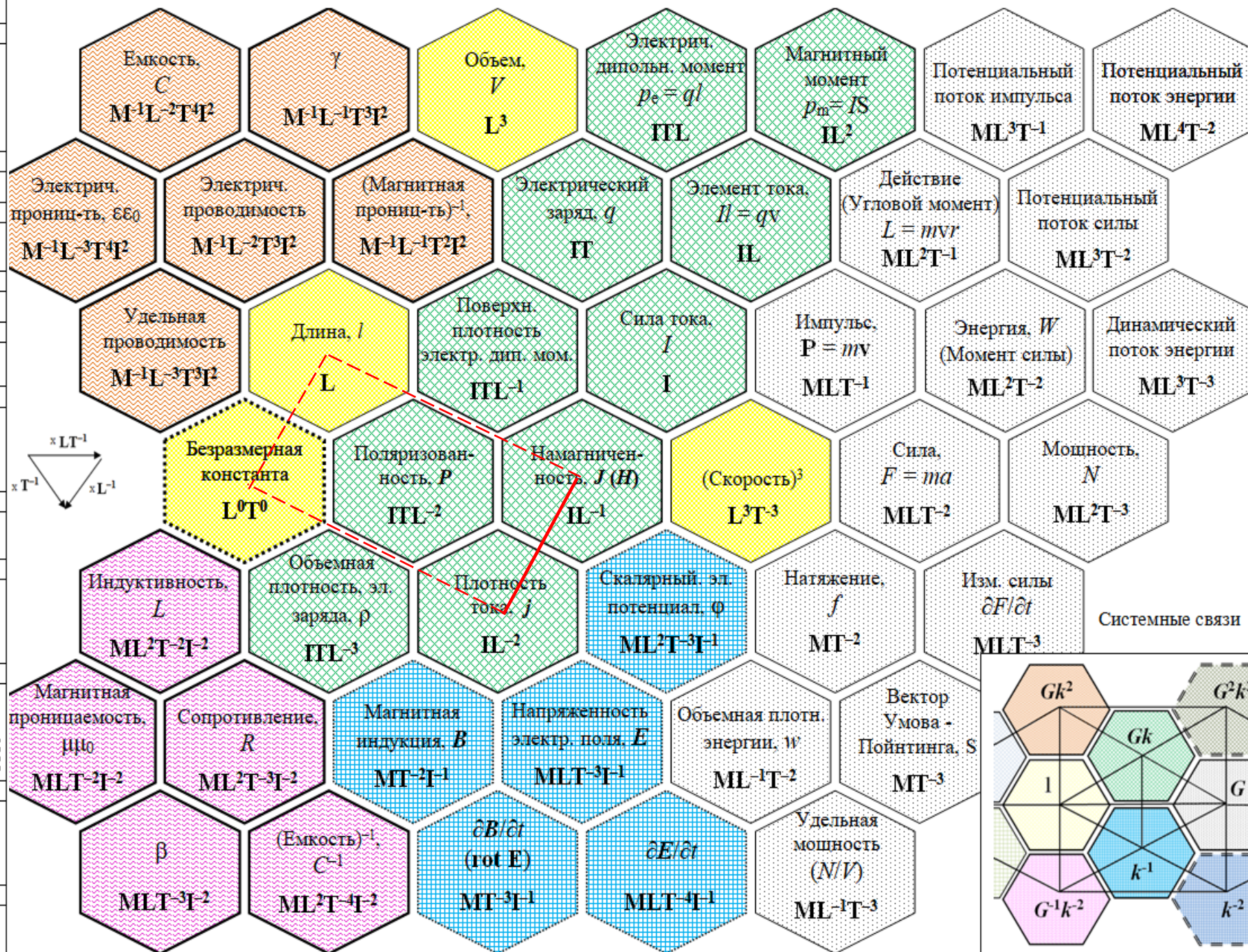
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad \text{div } \vec{B} = 0;$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

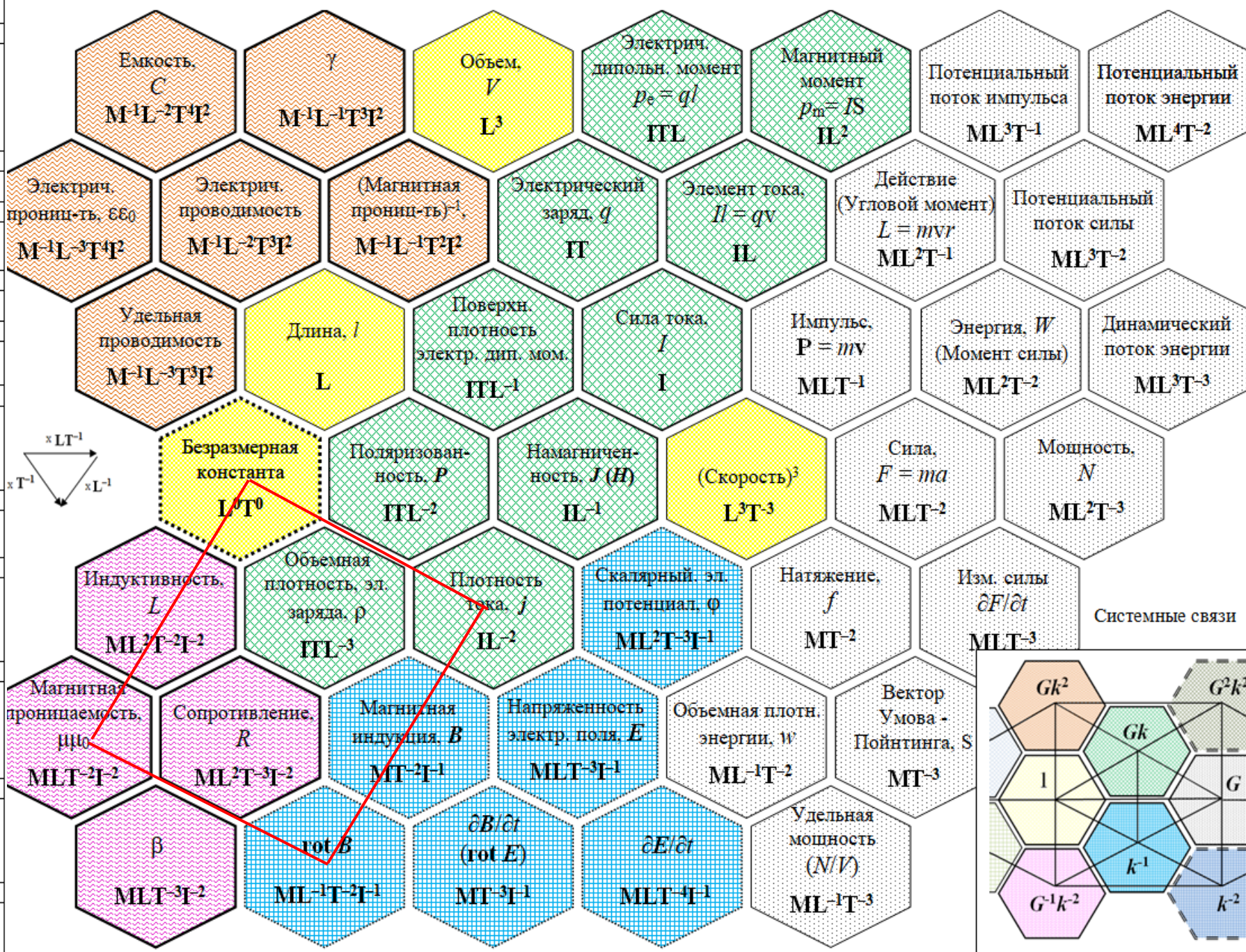
# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





Источники электрического и магнитного поля	
$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$	$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$
Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды	
$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$	$ \vec{A}  = \frac{W}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$	$\vec{B} = \frac{\vec{F}}{ \vec{j}V _{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$
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	
$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$	$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$
$\kappa = \varepsilon - 1$	$\chi = \mu - 1$
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	
$E_{\tau 1} = E_{\tau 2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$	$H_{\tau 1} = H_{\tau 2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$
$P_n = \sigma' = \frac{q^{\text{воз}}}{S}$	$J_R = i^{\text{ток}} = \frac{I^{\text{ток}}}{2\pi R}$
Характерные интегральные соотношения для векторов	
$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$	$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$
$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$
Характерные дифференциальные соотношения для векторов	
$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$	$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$
$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$	$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$
Объемная плотность энергии поля	
$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$	$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\epsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

Взаимосвязь полевых параметров и источников поля

$$\Delta\varphi = -\rho/\epsilon_0; \quad \vec{E} = -\text{grad } \varphi$$

$$\Delta\vec{A} = -\mu_0\vec{j}; \quad \vec{B} = \text{rot } \vec{A}$$

Поле, создаваемое диполем

$$E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{p_e}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$$

$$B = \mu_0 \frac{p_m}{4\pi r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta}$$

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

$$\vec{P} = \kappa\epsilon_0\vec{E} = \frac{(\epsilon-1)\vec{D}}{\epsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \epsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

Основные соотношения векторов

$$\vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\vec{D} - \vec{P}) = \frac{1}{\epsilon\epsilon_0} \vec{D}$$

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) = \mu\mu_0 \vec{H}$$

Граничные условия для векторов

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

$$\text{div } \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\rho + \rho') = \frac{\rho}{\epsilon\epsilon_0}; \quad [\text{rot } \vec{E} = 0];$$

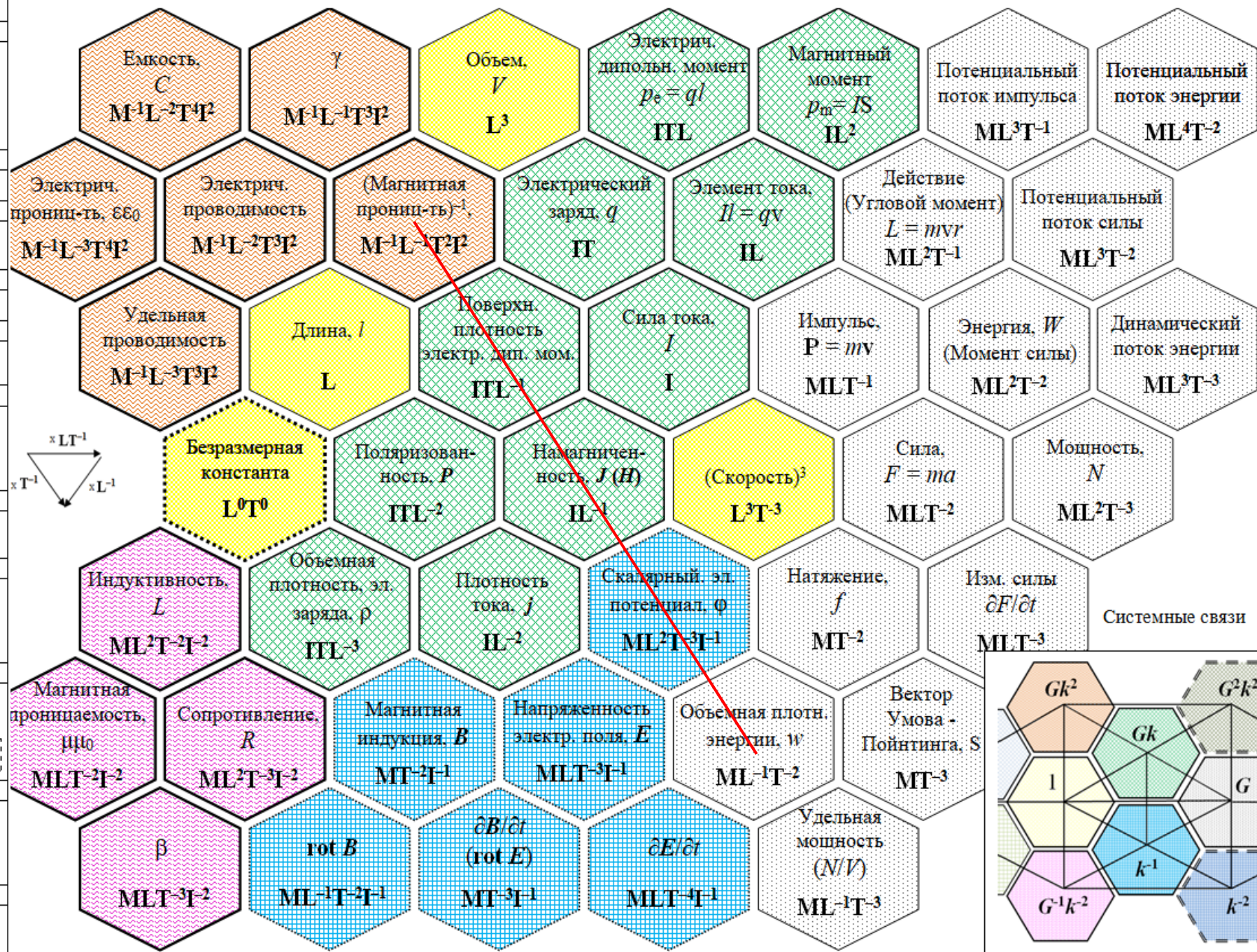
$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 (\vec{j} + \vec{j}') = \mu\mu_0 \vec{j}'; \quad [\text{div } \vec{B} = 0];$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\epsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

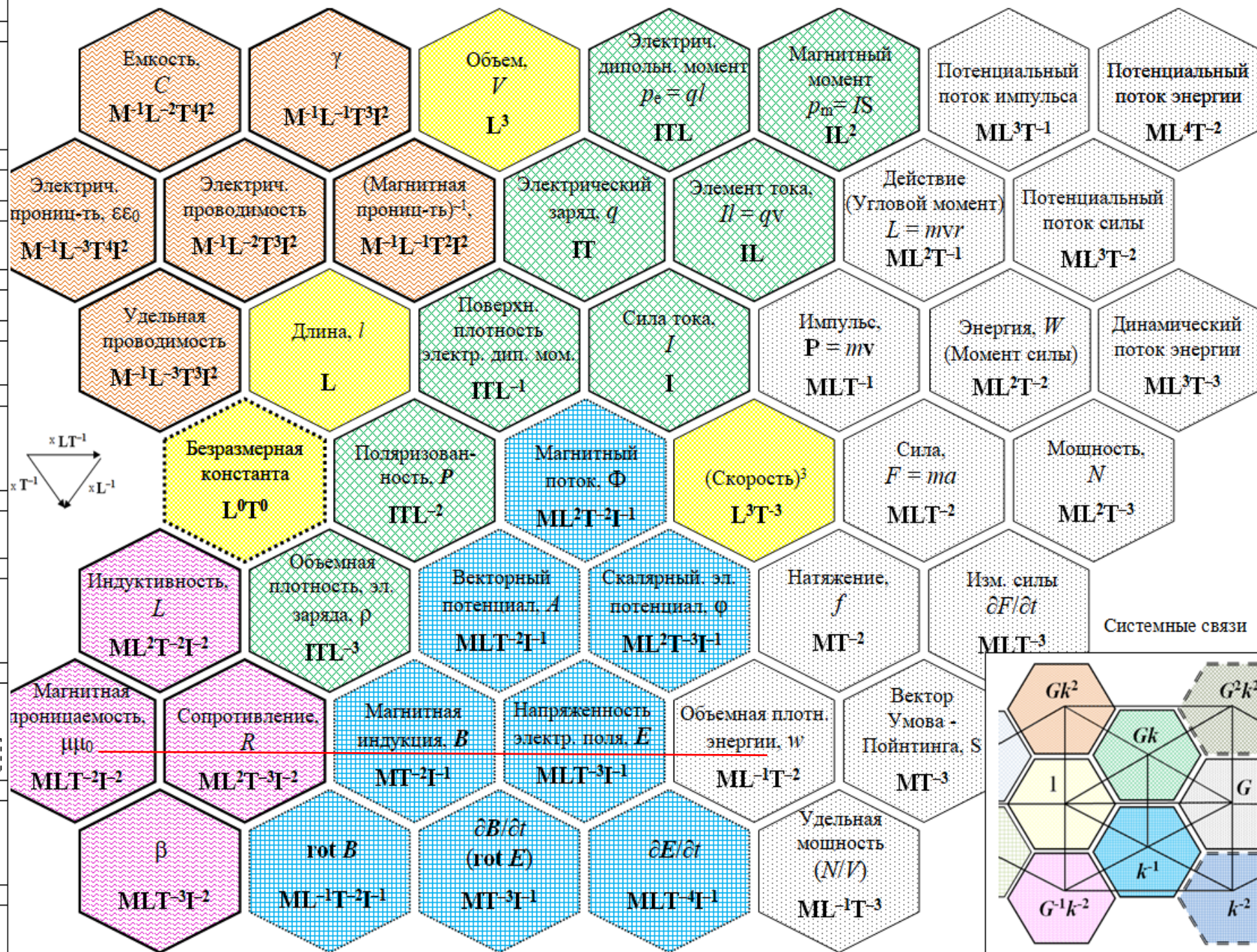
$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





$$q = \lambda l = \sigma S = \rho V; \quad \vec{p}_e = q\vec{l}$$

$$q\vec{v} = \vec{I}l = \vec{j}V; \quad \vec{p}_m = IS\vec{n}$$

Основные полевые параметры без учета влияния вещественной среды

$$\varphi = \frac{W}{q_{\text{ип}}}; \quad \varphi = \frac{1}{\varepsilon_0 4\pi r} \int \rho dV;$$

$$|\vec{A}| = \frac{W}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} \int \vec{j}_0 dV;$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{ип}}}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_0}{r^2} \vec{e}_r$$

$$B = \frac{F}{|\vec{j}V|_{\text{ип}}}; \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{j}_0 \times \vec{e}_r] dV$$

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

$$\vec{P} = \kappa\varepsilon_0\vec{E} = \frac{(\varepsilon-1)\vec{D}}{\varepsilon}; \quad \vec{p} = \frac{\sum \vec{p}_e}{V}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H} = \frac{\chi\vec{B}}{\mu_0}; \quad \vec{j} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

$$\kappa = \varepsilon - 1$$

$$\chi = \mu - 1$$

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

$$E_{t1} = E_{t2}; \quad D_{n1} = D_{n2}$$

$$H_{t1} = H_{t2}; \quad B_{n1} = B_{n2}$$

$$P_n = \sigma' = \frac{q'_{\text{поп}}}{S}$$

$$J_R = j'_{\text{поп}} = \frac{I'_{\text{поп}}}{2\pi R}$$

Характерные интегральные соотношения для векторов

$$\oint \vec{D} d\vec{S} = q; \quad \oint \vec{P} d\vec{S} = -q'$$

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum I; \quad \oint \vec{J} d\vec{l} = \sum I'$$

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q') = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0}; \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 (I + I') = \mu\mu_0 I'; \quad \oint \vec{B} d\vec{S} = 0;$$

Характерные дифференциальные соотношения для векторов

$$\text{div } \vec{D} = \rho; \quad \text{div } \vec{P} = -\rho'$$

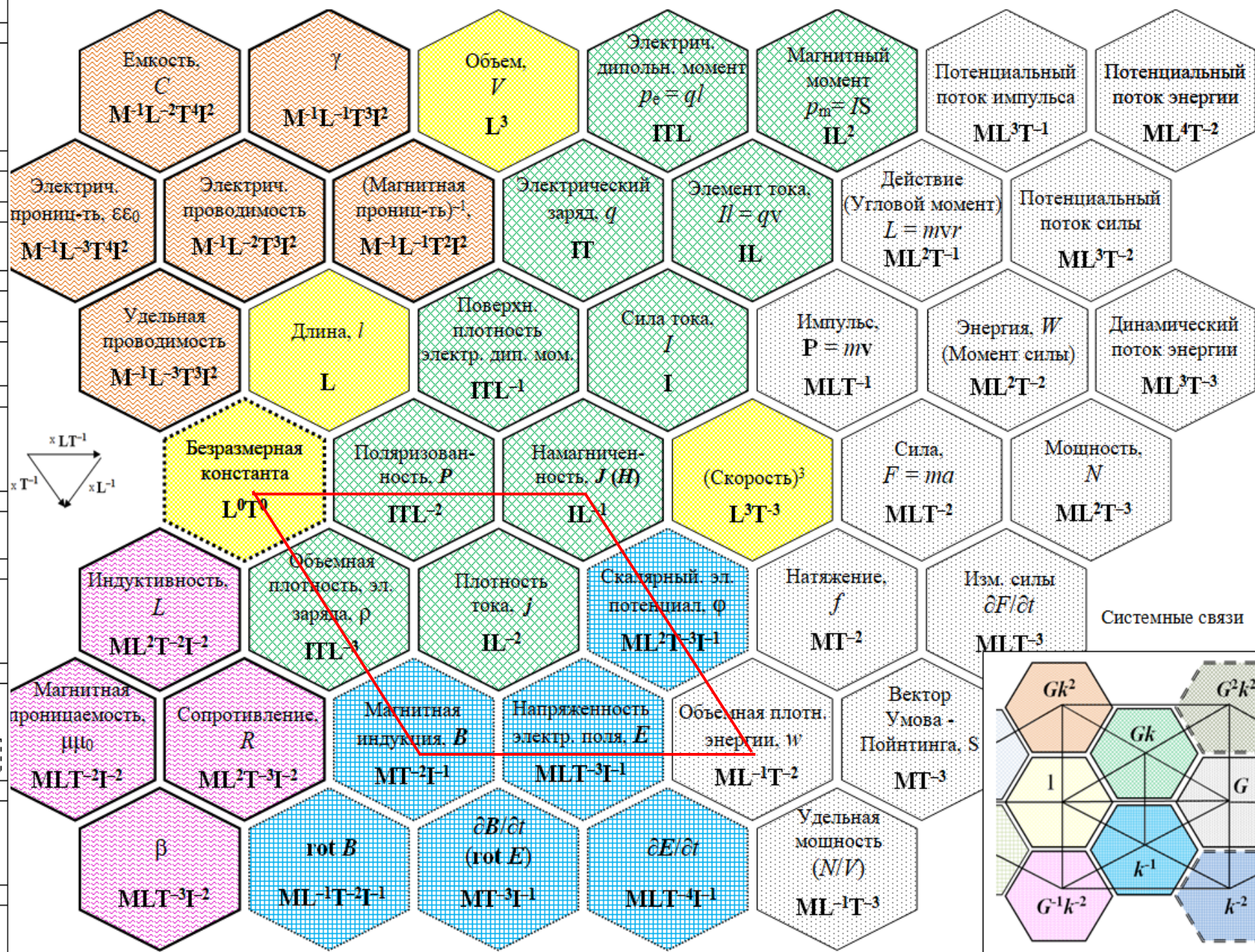
$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}; \quad \text{rot } \vec{J} = \vec{j}'$$

Объемная плотность энергии поля

$$w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0} = \frac{DE}{2}$$

$$w = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{HB}{2}$$

# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма

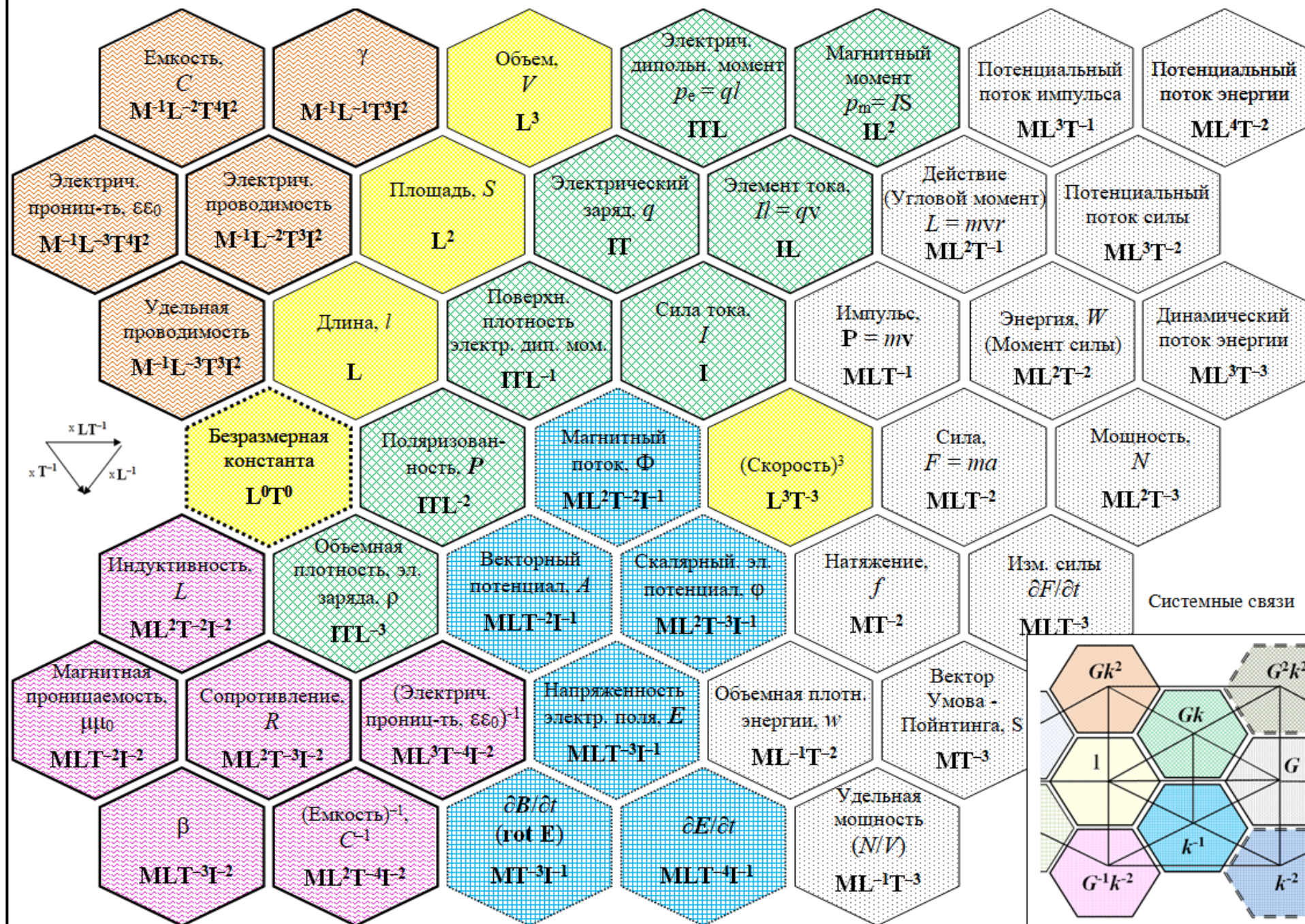




Конец презентации

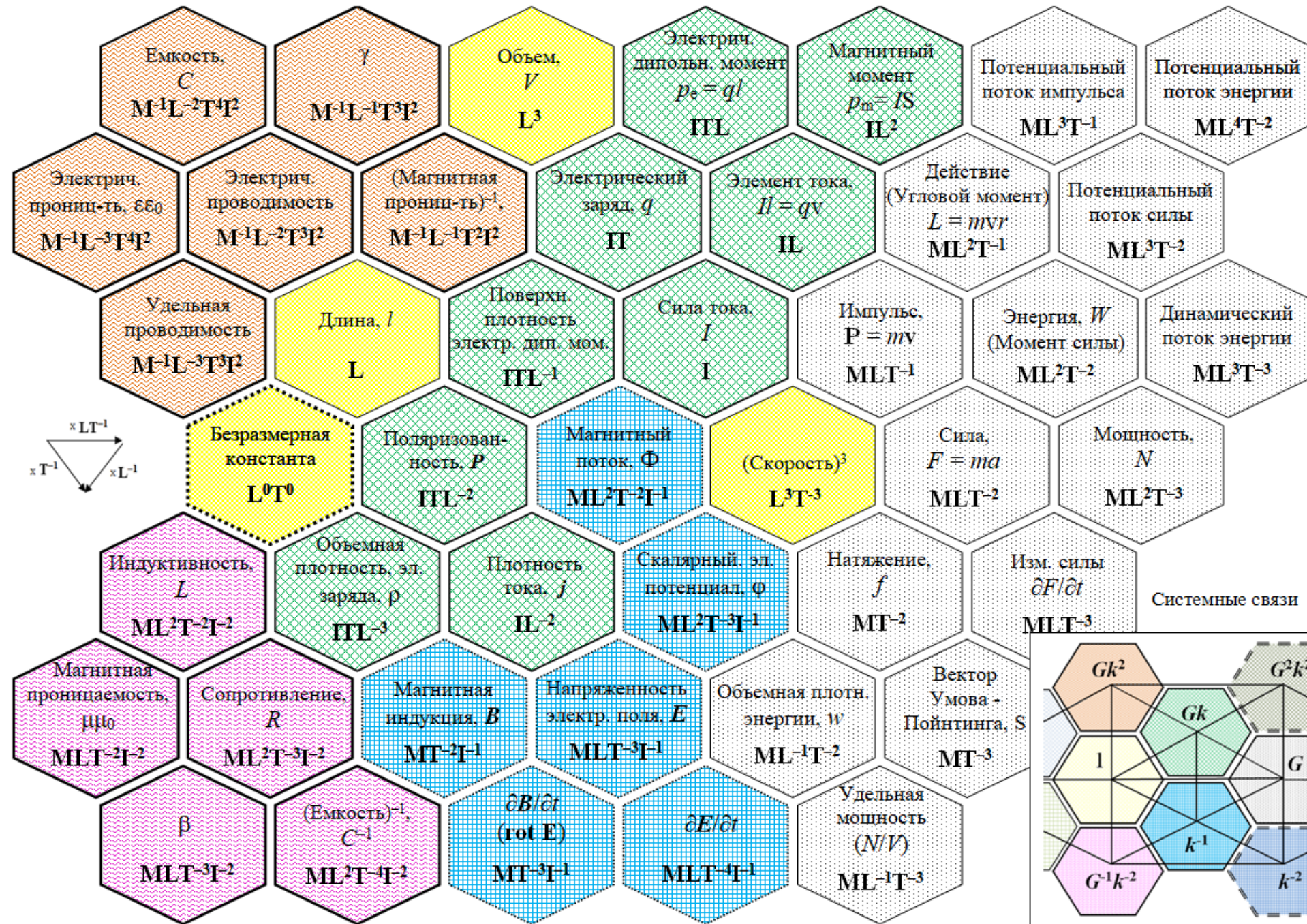


# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма



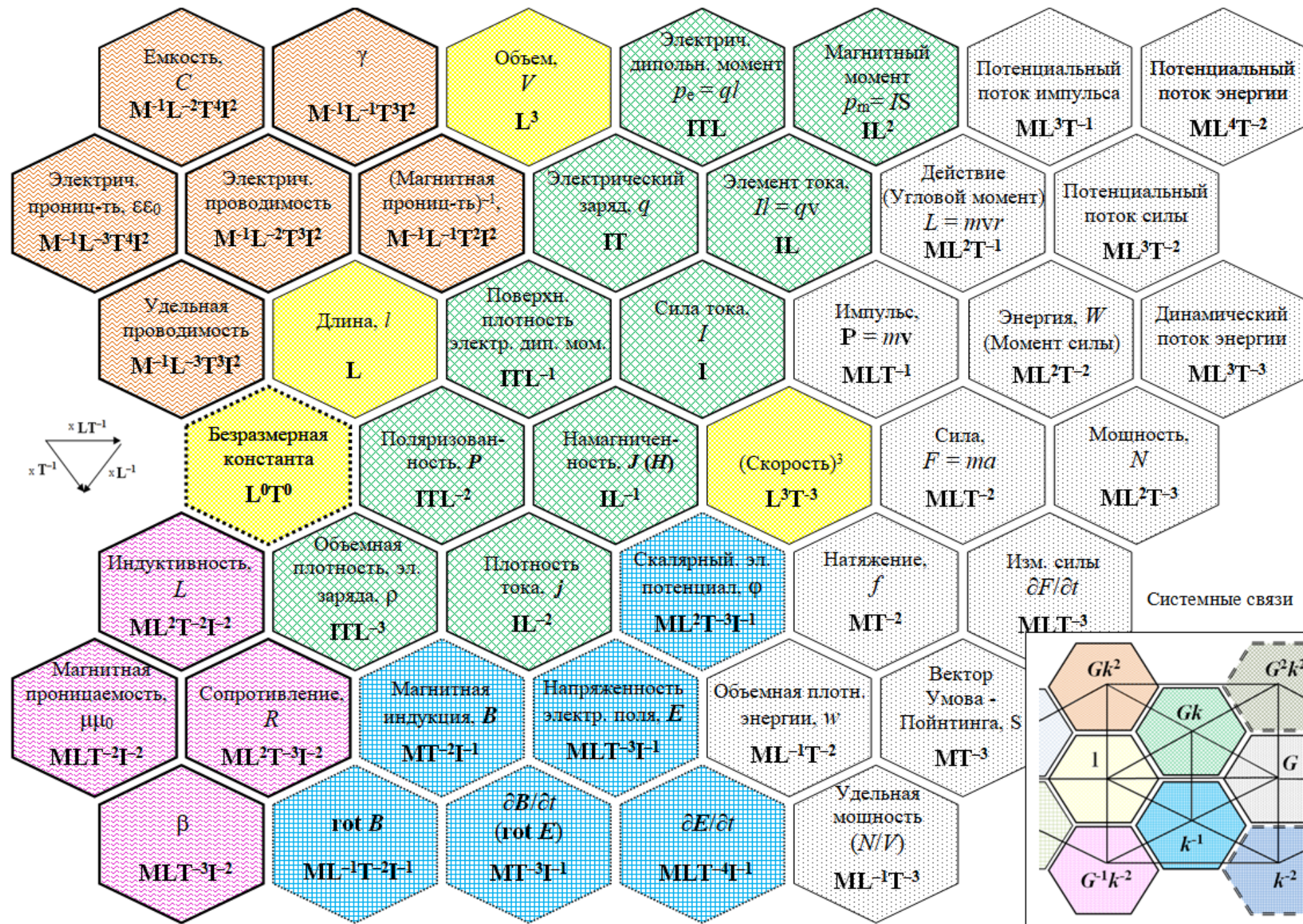


# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма





# Система физических величин и закономерностей в сфере электромагнетизма

