

1. Релятивистская форма закона Кулона. Сила Лоренца и уравнения Максвелла. Электромагнитное поле

Магнетизм – особая форма материального взаимодействия между электрическими токами, движущимися зарядами, между токами и магнитами и между магнитами.

Все магнитные взаимодействия осуществляются посредством магнитных полей. Особая материальная среда, в которой проявляется воздействие на физические приборы (магнитную стрелку, виток с током и т. д.), называют **магнитным полем**.

Магнитное поле вызвано движениями заряженных микрочастиц (электронов, протонов, ионов и др.), а также создаются проводниками с током, магнитными рудами, постоянными магнитами и т. д. Электрическое и магнитное поля являются различными формами электромагнитного поля при определенных условиях. Магнитные свойства веществ определяются природой носителей магнетизма и характером их взаимодействия. Количественной характеристикой магнитного поля являются:

1) **Индукция магнитного поля** – вектор \vec{B} . В СИ магнитная индукция измеряется в теслах (Тл).

2) **Напряженность магнитного поля** – вектор \vec{H} . В СИ напряженность магнитного поля измеряется в амперах на метр (А/м). Между векторами индукции \vec{B} и напряженности \vec{H} существует связь:

$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$, где μ – магнитная проницаемость среды (в вакууме $\mu=1$); $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – **магнитная постоянная**.

$$\begin{cases} \vec{F} = q\vec{E} \\ \text{div } \vec{E} = \rho/\epsilon_0 \\ \text{rot } \vec{E} = 0 \end{cases}$$

Уравнения описывают взаимодействие неподвижных зарядов и не применимы в случае движущихся зарядов.

Закон Кулона в динамике не выполняется!

Рассмотрим две инерциальные системы K и K' .

В системе K' заряды ρ' неподвижны ($\vec{j}' = 0$), в системе K они движутся с постоянной скоростью \vec{V} . Причем, согласно СТО, $\rho' \neq \rho$.

Обобщение закона Кулона

Сила, действующая на заряд в системе K' равна: $\vec{F}' = q\vec{E}'$

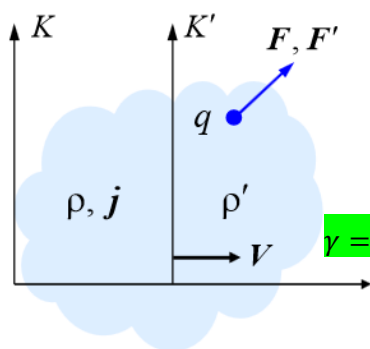
при любой скорости заряда q (что является следствием отсутствия в природе магнитных зарядов).

В системе K сила, действующая на этот же заряд согласно СТО,

равна: $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$,

где $\vec{p} = \gamma m \vec{v}$ – релятивистский импульс

$$\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$$



Таким образом, переменное поле характеризуется двумя векторами \vec{E} и \vec{B} . \vec{E} называется напряженностью электрического поля. \vec{B} называется индукцией магнитного поля. Само поле в этой

связи называется электромагнитным полем, то есть, это поле, характеризующееся двумя этими векторами.

Обобщая на произвольное движения зарядов, получаем уравнения:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

— сила Лоренца

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

— уравнения Максвелла