ПРИЛОЖЕНИЕ I

Обозначения и единицы некоторых электрических и магнитных величин

Наименование величины	Определяющая формула	Название единицы, обозначение	Выражение через основные единицы
Электрический заряд	$Q = It$	кулон, Кл	$с \cdot А$
Объемная плотность заряда	$\varrho = \frac{Q}{V}$	кулон на кубический метр, $\frac{Кл}{м^3}$	$м^{-3} \cdot с \cdot А$
Напряженность электрического поля	$E = \frac{F}{Q}$	вольт на метр, $\frac{В}{м}$	$м \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-1}$
Поток напряженности	$N\,(\Psi) = ES$	вольт-метр, $В \cdot м$	$м^3 \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-1}$
Потенциал электрического поля	$\varphi = \frac{A}{q}$	вольт, В	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-3} \cdot А^{-1}$
Дипольный электрический момент	$p = ql$	кулон-метр, $Кл \cdot м$	$м \cdot с\ А$
Поляризованность	$P = \frac{p}{V}$	кулон на квадратный метр, $\frac{Кл}{м^2}$	$м^{-2} \cdot с \cdot А$
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0 = \frac{Q^2}{4\pi F r^2} = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$	фарад на метр, $\frac{Ф}{м}$	$м^{-3}\ с^4 \cdot кг^{-1} \cdot А^2$
Кулоновская постоянная	$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9$	метр на фарад, $\frac{м}{Ф}$	$м^3 \cdot кг \cdot с^{-4} \cdot А^{-2}$
Диэлектрическая проницаемость	$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$	—	—
Электрическая восприимчивость	$\chi = \frac{P}{\varepsilon_0 E}$	—	—

Наименование величины	Определяющая формула	Название единицы, обозначение	Выражение через основные единицы
Индукция электрического поля	$D = \varepsilon\varepsilon_0 E$	кулон на квадратный метр, $\frac{Кл}{м^2}$	$м^{-2} \cdot с \cdot А$
Поток электрической индукции	$\Psi = DS$	кулон, Кл	$с \cdot А$
Электрическая емкость	$C = \frac{Q}{\varphi}$	фарад, Ф	$м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot с^4 \cdot А^2$
Электрический ток	I	ампер, А	А
Плотность тока	$j = \frac{I}{S}$	ампер на квадратный метр, $\frac{А}{м^2}$	$А \cdot м^{-2}$
Сопротивление (омическое)	$R = \frac{U}{I}$	ом, Ом	$м^2 \cdot кг \cdot А^{-2} \cdot с^{-3}$
Электрическая проводимость	$\frac{1}{R} = \frac{I}{U}$	сименс, См	$м^{-2} \cdot кг^{-1} \cdot с^3 \cdot А^2$
Удельная электрическая проводимость	$\gamma = \frac{j}{E}$	сименс на метр $\frac{См}{м}$	$м^{-3} \cdot кг^{-1} \cdot с^3 \cdot А^2$
Магнитная индукция	$B = \frac{F}{Il}$	гесла, Тл	$кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-1}$
Поток магнитной индукции	$\Phi = BS$	вебер, Вб	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-1}$
Магнитный момент	$m = \frac{Fl}{B}$	ампер-квадратный метр, $А \cdot м^2$	$А \cdot м^2$
Индуктивность	$L = \frac{\Phi}{I}$	генри, Гн	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-2}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = \frac{2\pi r B}{I} = 1{,}26 \cdot 10^{-6}$	генри на метр, $\frac{Гн}{м}$	$м \cdot кг \cdot с^{-2}\ А^{-2}$
Индукционная постоянная	$f = \frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7}$	генри на метр, $\frac{Гн}{м}$	$м \cdot кг \cdot с^{-2} \cdot А^{-2}$
Напряженность магнитного поля	$H = \frac{B}{\mu_0\mu}$	ампер на метр, $\frac{А}{м}$	$м^{-1} \cdot А$
Магнитная проницаемость	$\mu = \frac{B}{B_0}$	—	—
Намагниченность	$J = \frac{m}{V}$	ампер на метр, $\frac{А}{м}$	$м^{-1} \cdot А$

Наименование величины	Определяющая формула	Название единицы, обозначение	Выражение через основные единицы
Магнитная восприимчивость	$\varkappa = \frac{J}{H}$	–	–
Соотношение между константами k и f	$\frac{k}{f} = c^2 = \mu_0\varepsilon_0$	–	$м^2 \cdot с^{-2}$

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Основные формулы векторного анализа

1. $\mathrm{grad}\,\varphi(x, y, z) = \nabla\varphi(x, y, z) = \vec{i}\frac{\partial\varphi}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial\varphi}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial\varphi}{\partial z}$ – формула градиента в декартовых координатах.
2. $\mathrm{grad}\,\varphi(\varrho, z, \alpha) = \vec{e}_\varrho\frac{\partial\varphi}{\partial\varrho} + \vec{e}_z\frac{\partial\varphi}{\partial z} + \vec{e}_\alpha\frac{1}{\varrho}\frac{\partial\varphi}{\partial\alpha}$ – формула градиента в цилиндрических координатах.
3. $\mathrm{grad}\,\varphi(r, \vartheta, \alpha) = \vec{e}_r\frac{\partial\varphi}{\partial r} + \vec{e}_\vartheta\frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial\vartheta} + \vec{e}_\alpha\frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial\varphi}{\partial\alpha}$ – формула градиента в сферических координатах.
4. $\mathrm{grad}(\varphi + \psi) = \mathrm{grad}\,\varphi + \mathrm{grad}\,\psi$ – градиент суммы.
5. $\mathrm{grad}(C\varphi) = C\,\mathrm{grad}\,\varphi$ – C – константа.
6. $\mathrm{grad}(\varphi\cdot\psi) = \varphi\,\mathrm{grad}\,\psi + \psi\,\mathrm{grad}\,\varphi$ – градиент произведения.
7. $\mathrm{grad}\,U(\varphi(x, y, z)) = \frac{\partial U}{\partial\varphi}\mathrm{grad}\,\varphi$ – градиент сложной функции.
8. $d\varphi(x, y, z) = \frac{\partial\varphi}{\partial x}dx + \frac{\partial\varphi}{\partial y}dy + \frac{\partial\varphi}{\partial z}dz = \mathrm{grad}\,\varphi d\vec{r}$ – полный дифференциал скалярного поля.
9. $\frac{\partial\varphi}{\partial l} = \mathrm{grad}\,\varphi\frac{\vec{l}}{l}$ – производная скалярного поля по направлению $\vec{l}$.
10. $\mathrm{div}\,\vec{a}(xyz) = \nabla\vec{a}(xyz) = \frac{\partial a_x}{\partial x} + \frac{\partial a_y}{\partial y} + \frac{\partial a_z}{\partial z}$ – формула дивергенции в декартовых координатах.

11. $\operatorname{div}\vec{a}(\varrho,\ z,\ \alpha)=\frac{1}{\varrho}\frac{\partial}{\partial\varrho}(\varrho a_\varrho)+\frac{\partial a_z}{\partial z}+\frac{1}{\varrho}\frac{\partial a_\alpha}{\partial\alpha}$ — формула дивергенции в цилиндрических координатах.

12. $\operatorname{div}\vec{a}(r,\ \vartheta,\ \alpha)=\frac{1}{r^2}\left[\frac{\partial}{\partial r}(r^2a_r)\right]+\frac{1}{r\sin\vartheta}\left[\frac{\partial}{\partial\vartheta}(\sin\vartheta a_\vartheta)\right]+\frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial a_\alpha}{\partial\alpha}$ — формула дивергенции в сферических координатах.

13. $\operatorname{div}(\vec{a}+\vec{b})=\operatorname{div}\vec{a}+\operatorname{div}\vec{b}$.

14. $\operatorname{div}(C\vec{a})=C\operatorname{div}\vec{a}$.

15. $\operatorname{div}\varphi(xyz)\,\vec{a}(xyz)=\varphi\operatorname{div}\vec{a}+\vec{a}\operatorname{grad}\varphi$.

16. $\operatorname{div}\vec{a}(\varphi(xyz))=\frac{\partial\vec{a}}{\partial\varphi}\operatorname{grad}\varphi$ — дивергенция сложной функции.

17. $\operatorname{rot}\vec{a}(xyz)=\vec{i}\left(\frac{\partial a_z}{\partial y}-\frac{\partial a_y}{\partial z}\right)+\vec{j}\left(\frac{\partial a_x}{\partial z}-\frac{\partial a_z}{\partial x}\right)+\vec{k}\left(\frac{\partial a_y}{\partial x}-\frac{\partial a_x}{\partial y}\right)$ — формула ротора в декартовых координатах.

18. $\operatorname{rot}\vec{a}(\varrho,\ z,\ \alpha)=\vec{e}_\varrho\left(\frac{1}{\varrho}\frac{\partial a_z}{\partial\alpha}-\frac{\partial a_\alpha}{\partial z}\right)+\vec{e}_z\left[\frac{1}{\varrho}\frac{\partial(\varrho a_\alpha)}{\partial\varrho}-\frac{1}{\varrho}\frac{\partial a_\varrho}{\partial\alpha}\right]+$
$+\vec{e}_\alpha\left(\frac{\partial a_\varrho}{\partial z}-\frac{\partial a_z}{\partial\varrho}\right)$ — формула ротора в цилиндрических координатах.

19. $\operatorname{rot}\vec{a}(r,\ \vartheta,\ \alpha)=\vec{e}_r\frac{1}{r\sin\vartheta}\left[\frac{\partial}{\partial\vartheta}(\sin\vartheta a_\alpha)-\frac{\partial a_\vartheta}{\partial\alpha}\right]+\vec{e}_\vartheta\left[\frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial a_r}{\partial\alpha}-\right.$
$\left.-\frac{1}{r}\left(\frac{\partial}{\partial r}(ra_\alpha)\right)\right]+\vec{e}_\alpha\left[\frac{1}{r}\frac{\partial(ra_\vartheta)}{\partial r}-\frac{1}{r}\frac{\partial a_r}{\partial\vartheta}\right]$ — формула ротора в сферических координатах.

20. $\operatorname{rot}(\vec{a}+\vec{b})=\operatorname{rot}\vec{a}+\operatorname{rot}\vec{b}$.

21. $\operatorname{rot}(C\vec{a})=C\operatorname{rot}\vec{a}$.

22. $\operatorname{rot}\varphi(xyz)\,\vec{a}(xyz)=\varphi\operatorname{rot}\vec{a}+[(\operatorname{grad}\varphi)\,\vec{a}]$.

23. $\operatorname{rot}\vec{a}(\varphi(xyz))=-\left[\frac{\partial\vec{a}}{\partial\varphi}\operatorname{grad}\varphi\right]$ — ротор сложной функции.

24. $\operatorname{div}\operatorname{grad}\varphi=\nabla^2\varphi=\Delta\varphi=\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}$.

25. $\operatorname{rot}\operatorname{grad}\varphi=0$.

26. $\operatorname{div}\operatorname{rot}\vec{a}=0$.

27. $\operatorname{rot}\operatorname{rot}\vec{a}=\operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{a}-\Delta\vec{a}$.

28. $(\vec{a}\nabla)\,\vec{b}=a_x\frac{\partial\vec{b}}{\partial x}+a_y\frac{\partial\vec{b}}{\partial y}+a_z\frac{\partial\vec{b}}{\partial z}$ — определение оператора $(\vec{a}\nabla)$ в декартовых координатах.

29. $\operatorname{grad}(\vec{a}\,\vec{b}) = (\vec{b}\nabla)\,\vec{a} + (\vec{a}\nabla)\,\vec{b} + [\vec{b}\operatorname{rot}\vec{a}] + [\vec{a}\operatorname{rot}\vec{b}]$.

30. $\operatorname{rot}[\vec{a}\,\vec{b}] = (\vec{b}\nabla)\,\vec{a} - (\vec{a}\nabla)\vec{b} + \vec{a}\operatorname{div}\vec{b} - \vec{b}\operatorname{div}\vec{a}$.

31. $\operatorname{div}[\vec{a}\,\vec{b}] = \vec{b}\operatorname{rot}\vec{a} - \vec{a}\operatorname{rot}\vec{b}$.

32. $\Delta = \frac{1}{\varrho}\frac{\partial}{\partial\varrho}\left(\varrho\frac{\partial}{\partial\varrho}\right) + \frac{1}{\varrho^2}\frac{\partial^2}{\partial\alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ — оператор Лапласа в цилиндрических координатах.

33. $\Delta = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2\sin\vartheta}\frac{\partial}{\partial\vartheta}\left(\sin\vartheta\frac{\partial}{\partial\vartheta}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\vartheta}\frac{\partial^2}{\partial\alpha^2}$ — оператор Лапласа в сферических координатах.

34. $\int\limits_V \operatorname{div}\vec{a}\,dV = \oint\limits_S \vec{a}\,\overrightarrow{dS}$ — теорема Остроградского — Гаусса.

35. $\int\limits_S \operatorname{rot}\vec{a}\,\overrightarrow{dS} = \oint\limits_L \vec{a}\,\overrightarrow{dl}$ — теорема Стокса.

36. $\int\limits_V \operatorname{rot}\vec{a}\,\overrightarrow{dS} = \oint\limits_S [\overrightarrow{dS}\,\vec{a}]$ — аналог теоремы Гаусса для ротора.

37. $\int\limits_V (\psi\Delta\varphi - \varphi\Delta\psi)\,dV = \oint\limits_S \left(\psi\frac{\partial\varphi}{\partial n} - \varphi\frac{\partial\psi}{\partial n}\right)dS$ — формула Грина.

ПРИЛОЖЕНИЕ III

Сингулярная дельта-функция Дирака

1. $\delta(x) = \begin{cases}\infty, & x = 0,\\ 0, & x \neq 0;\end{cases}$

$\int\limits_a^b \delta(x)\,dx = 1,\ a \le 0 \le b$ — определение δ-функции.

2. $\int\limits_a^b f(x)\,\delta(x)\,dx = f(0),\ a \le 0 \le b$, или $\int\limits_c^d f(x)\,\delta(x-a)\,dx = f(a),\ c \le a \le d$ — основное свойство δ-функции.

3. $\lim\limits_{\alpha\to\infty}\frac{\sin\alpha x}{\pi x} = \delta(x)$ — одно из аналитических выражений δ-функции.

4. $\frac{1}{2\pi}\int\limits_{-\infty}^{\infty} e^{ikx}dk = \delta(x)$.

5. $\delta(-x) = \delta(x),\ x\delta(x) = 0,\ \delta'(-x) = -\delta'(x),\ x\delta'(x) = -\delta(x)$,
$\delta(ax) = \frac{1}{|a|}\delta(x)$ — важные свойства δ-функции.

6. $\delta(x, y, z) \equiv \delta(\vec{r}) = \delta(x)\,\delta(y)\,\delta(z)$ — трехмерное обобщение δ-функции.

7. $\int F(\vec r)\,\delta(\vec r)\,d\vec r = F(0)$, $\int F(\vec r)\,\delta(\vec r-\vec a)\,d\vec r = F(\vec a)$ – основное свойство трехмерной δ-функции.

8. $\delta(\vec r)=\dfrac{1}{(2\pi)^3}\int e^{i\vec k\vec r}d\vec k$ – разложение δ-функции в интеграл Фурье.

9. $\Delta\left(\dfrac{1}{r}\right)=-4\pi\delta(\vec r)$.

Равенство (9) показывает, что $\dfrac{1}{r}$ есть решение уравнения $\Delta U=0$ везде, кроме точки $\vec r=0$.

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

Доказательство равенства нулю интегралов, встречающихся при выводе формулы плотности импульса электромагнитного поля

Пусть
$$\vec I=\int_V\{\vec E\operatorname{div}\vec E-[\vec E\operatorname{rot}\vec E]\}\,dV. \tag{1}$$

Рассмотрим проекцию вектора $\vec I$ на ось Ox:

$$I_x=\int_V\left\{E_x\left(\frac{\partial E_x}{\partial x}+\frac{\partial E_y}{\partial y}+\frac{\partial E_z}{\partial z}\right)-E_y\left(\frac{\partial E_y}{\partial x}-\frac{\partial E_x}{\partial y}\right)+E_z\left(\frac{\partial E_x}{\partial z}-\frac{\partial E_z}{\partial x}\right)\right\}dV=$$
$$=\int_V\left\{\left(E_x\frac{\partial E_x}{\partial x}+E_y\frac{\partial E_x}{\partial y}+E_z\frac{\partial E_x}{\partial z}\right)+E_x\left(\frac{\partial E_x}{\partial x}+\frac{\partial E_y}{\partial y}+\frac{\partial E_z}{\partial z}\right)-\left(E_x\frac{\partial E_x}{\partial x}+E_y\frac{\partial E_y}{\partial x}+\right.\right.$$
$$\left.\left.+E_z\frac{\partial E_z}{\partial x}\right)\right\}dV=\int_V\operatorname{div}\left(E_x\vec E-\vec i\,\frac{E^2}{2}\right)dV.$$

Применяя теорему Гаусса, получим $I_x=\oint_S\left(E_x\vec E-\vec i\,\dfrac{E^2}{2}\right)\overrightarrow{dS}=\oint_S E_x(\vec E\,\overrightarrow{dS})-\dfrac{1}{2}\oint_S E^2(\overrightarrow{dS})_x$.

Аналогично записываются остальные проекции, а в векторной форме имеем
$$\vec I=\oint_S\vec E(\vec E\,\overrightarrow{dS})-\frac{1}{2}\oint_S E^2\,\overrightarrow{dS}. \tag{2}$$

В интеграле (2) распространим интегрирование на все пространство. При этом поверхность S сдвигается в бесконечность. Если напряженность поля убывает быстрее чем $1/r$, то в пределе получим $\vec I=0$. Действительно, площадь поверхности возрастает пропорционально r^2, а подынтегральная функция уменьшается как $1/r^{2\alpha}$, где $\alpha>1$.

Аналогично доказывается равенство нулю интеграла
$$\int_\infty\{\vec B\operatorname{div}\vec B-[\vec B\operatorname{rot}\vec B]\}\,dV.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ V

Особенности применения Международной системы единиц в электродинамике

Во всех разделах физики в настоящее время используется единая Международная система единиц (СИ). В различных областях науки и техники используются некоторые подсистемы, содержащиеся в СИ. В электродинамике используется подсистема метр – килограмм – секунда – ампер (МКСА). Система единиц МКСА представляет собой согласованную систему единиц для механики, электричества и магнетизма. Она основана на четырех основных единицах измерения – метр, килограмм, секунда, ампер – для четырех основных величин – длина, масса, время и электрический ток.

В уравнениях электродинамики использование единой системы МКСА приводит к появлению двух размерных коэффициентов – ε_0 и μ_0. Кроме того, возникает во многих случаях множитель 4π. В ряде случаев формулы оказываются перегруженными громоздкими коэффициентами. (Это оправдывает применение в теории наряду с СИ согласованной абсолютной гауссовой системы, основные единицы которой сантиметр – грамм – секунда. В ряде существующих пособий применяется гауссова система.)

Объясним возникновение размерных коэффициентов в уравнениях электромагнетизма. В третьем и четвертом уравнениях Максвелла (2.1) в левые части входят напряженность и индукция поля, а в правые – плотности зарядов и токов. Но единицы измерения для зарядов и токов, с одной стороны, и векторов поля – с другой, выбраны независимо от связи, выраженной уравнениями. По этой причине в уравнениях появляются размерные коэффициенты. Коэффициентов всего два, т. е. их столько, сколько независимых уравнений системы. Нетрудно определить размерность коэффициентов. На основе (2.1) записываем для размерностей:

$$\frac{[B]}{L} = \frac{[E][\mu_0][\varepsilon_0]}{T} + [\mu_0]\frac{I}{L^2}; \qquad \text{(а)}$$

$$\frac{[E]}{L} = \frac{1}{[\varepsilon_0]}\,\frac{IT}{L^3}. \qquad \text{(б)}$$

Из уравнения (б) $\quad [\varepsilon_0] = \dfrac{IT}{[E]L^2}.$

Пользуясь размерностью $\quad [E] = \dfrac{ML}{T^2IT},$

окончательно получаем $\quad [\varepsilon_0] = \dfrac{I^2T^4}{ML^3},$

что соответствует наименованию единицы $\dfrac{\text{Кл}^2}{\text{Н}\cdot\text{м}^2}.$

Размерность μ_0 находится из уравнения (а) с учетом размерности B:

$$[\mu_0] = \frac{ML}{I^2T^2},$$

что соответствует наменованию единицы $\dfrac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{А}^2\cdot\text{с}^2}.$

Очевидно, что значения постоянных ε_0 и μ_0 можно определить в частных случаях связи полей и зарядов. Так, закон Кулона $F = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\dfrac{q_1q_2}{r^2}$

открывает возможность (хотя бы в принципе) определения ε_0. Если располагать известными зарядами, например по 1 Кл, то, поместив их на определенном расстоянии друг от друга, например на 1 м, получим определенную силу взаимодействия – $9\cdot10^9$ Н. Отсюда и может быть определена электрическая постоянная:

$$\varepsilon_0 \approx 8{,}85\cdot10^{-12}\,\frac{\text{Кл}^2}{\text{Н}\cdot\text{м}^2}.$$

(Разумеется, описан мысленный эксперимент. Определение ε_0 может быть выполнено на основе любой другой формулы, куда ε_0 входит.)

Остановимся на выборе единицы силы тока в связи с обсуждаемым вопросом о размерных коэффициентах. В § 1 упоминалось о том, что единица заряда определяется через единицу тока, а последняя – через взаимодействие токов: «ампер – единица тока равна неизменяющемуся току, который, проходя по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и исчезающе малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м друг от друга в вакууме, вызвал бы между этими проводниками силу, равную $2\cdot10^{-7}$ ньютона на каждый метр длины».

Используя формулу для магнитной индукции прямого тока и формулу для силы Ампера, действующей на ток (обе формулы вытекают из уравнений Максвелла и формулы для магнитной составляющей силы Лоренца при определении $\vec{B}$), получаем в случае однородного поля $F=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{r}l$

Если $l=1$ м, $r=1$ м, $F=2\cdot 10^{-7}$ Н, то $I_1=I_2=1$ А. Но тогда $\mu_0=2\pi\cdot 2\cdot 10^{-7}\frac{\text{кг}}{\text{А}^2}\frac{\text{м}}{\text{с}^2}=$ $1{,}26\cdot 10^{-6}\frac{\text{кг}}{\text{А}^2}\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Так как ампер – основная единица в СИ, то формула для силы F при указанном ее значении определяет величину и размерность коэффициента μ_0. (При этом считается $\frac{\mu_0}{4\pi}=10^{-7}$ точно.)

Обратим также внимание на то, что при определении единиц заряда, напряженности и индукции поля никакие коэффициенты в соответствующие формулы не введены:

$$Q=It,\ E=\frac{F}{q},\ B=\frac{F}{qv}.$$

Это влияет на форму уравнений Максвелла. Так, магнитную индукцию можно определить формулой

$$F_{\text{маг}}=\frac{q}{c}[\vec{v}\vec{B}],$$

а определение электрической напряженности сохранить без изменения. В таком случае уравнения (1) и (2) системы Максвелла приобретают вид

$$\operatorname{rot}\vec{E}=-\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t},\ \operatorname{rot}\vec{B}=\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}+\mu_0\vec{j}.$$

В свою очередь можно выбрать единицы заряда согласованно с уравнениями Максвелла, устраняя в системе ε_0 и μ_0 (абсолютная гауссова система единиц)

Обсудим еще смысл так называемой рационализации уравнений электромагнетизма. При принятой нами записи четвертого уравнения Максвелла в законе Кулона возникает коэффициент $\frac{1}{4\pi}$. Если же записать уравнение в виде

$$\operatorname{div}\vec{E}=\frac{4\pi}{\varepsilon_0}\varrho,$$

то коэффициента $\frac{1}{4\pi}$ в законе Кулона не будет Аналогично обстоит дело с третьим уравнением Максвелла· если оно пишется в принятой нами форме, то коэффициенты 4π и 2π возникают в формулах для индукции поля, сил, действующих на ток в поле, и т. д Широко применяется так называемая рационализированная система записи уравнений Максвелла, которая используется и в нашем курсе В ней коэффициентов 4π в исходных уравнениях нет

Процесс становления системы МКСА и выбора ее в качестве основной для электромагнетизма в историческом плане был длительным и довольно сложным, а мы рассмотрели лишь суть вопроса, пользуясь готовыми результатами. Укажем также, что нами используются коэффициенты $k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$, $f=\frac{\mu_0}{4\pi}$, что продиктовано исключительно потребностями упрощения записи громоздких формул Для возвращения в СИ в любой формуле следует заменить сокращенные обозначения (k, f) полными.