

ПЕРВЫЕ ТРИ ПАРЫ

<i>Электростатическая пара</i>		Символ
(1)	Количество электричества	<i>e</i>
(2)	Электродвижущая сила или электрический потенциал	<i>E</i>
<i>Магнитная пара</i>		
(3)	Количество свободного магнетизма или сила полюса	<i>m</i>
(4)	Магнитный потенциал	Ω
<i>Электрокинетическая пара</i>		
(5)	Электрокинетическое количество движения цепи	<i>p</i>
(6)	Электрический ток	<i>C</i>

ВТОРЫЕ ТРИ ПАРЫ

<i>Электростатическая пара</i>		
(7)	Электрическое смещение (измеренное по поверхностной плотности)	\mathcal{D}
(8)	Электродвижущая интенсивность	\mathcal{E}
<i>Магнитная пара</i>		
(9)	Магнитная индукция	\mathcal{B}
(10)	Магнитная сила	\mathcal{H}
<i>Электрокинетическая пара</i>		
(11)	Сила электрического тока в некоторой точке	\mathcal{C}
(12)	Вектор-потенциал электрических токов	\mathcal{A}

ГЛАВА X
РАЗМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ

620.] Каждая электромагнитная величина может быть определена, исходя из основных единиц *длины, массы и времени*. Если мы начнем с определения единицы количества электричества, мы можем определить единицы любой другой электромагнитной величины в силу уравнений, в которые они входят вместе с количествами электричества. Полученная таким образом система единиц называется *электростатической системой*.

Если, с другой стороны, мы будем исходить из определения единицы магнитного полюса, мы получим другую систему единиц того же самого ряда величин. Эта система единиц не совпадает с первой системой и называется *электромагнитной системой*.

Мы начнем с установления тех отношений между различными единицами, которые общи обеим системам, и затем разработаем таблицу размерностей единиц соответственно для каждой системы.

621.] Расположим парами основные величины, подлежащие рассмотрению. В трех первых парах произведение двух величин в каждой паре есть количество энергии или работы. В остальных парах произведение элементов каждой пары есть количество энергии, отнесенное к единице объема.

622.] Между этими величинами существуют следующие отношения.

Прежде всего, поскольку размерность энергии равна $\left[\frac{L^2 M}{T^2} \right]$, а размерность энергии, отнесенная к единице объема, $\left[\frac{M}{LT^2} \right]$, мы имеем следующие уравнения размерностей:

$$[eE] = [m\Omega] = [pC] = \left[\frac{L^2 M}{T^2} \right], \quad (1)$$

$$[\mathcal{D}\mathcal{E}] = [\mathcal{B}\mathcal{H}] = [\mathcal{C}\mathcal{A}] = \left[\frac{M}{LT^2} \right]. \quad (2)$$

Во-вторых, так как e , p и \mathfrak{A} являются временными интегралами от C , E и \mathfrak{E} соответственно,

$$\left[\frac{e}{C} \right] = \left[\frac{p}{E} \right] = \left[\frac{\mathfrak{A}}{\mathfrak{E}} \right] = [T]. \quad (3)$$

В-третьих, так как E , \mathfrak{Q} и p являются линейными интегралами соответственно от \mathfrak{E} , \mathfrak{S} и \mathfrak{A} ,

$$\left[\frac{E}{\mathfrak{E}} \right] = \left[\frac{\mathfrak{Q}}{\mathfrak{S}} \right] = \left[\frac{p}{\mathfrak{A}} \right] = [L] \text{ *}. \quad (4)$$

И, наконец, так как e , C и m являются поверхностными интегралами соответственно от \mathfrak{D} , \mathfrak{C} и \mathfrak{B} ,

$$\left[\frac{e}{\mathfrak{D}} \right] = \left[\frac{C}{\mathfrak{C}} \right] = \left[\frac{m}{\mathfrak{B}} \right] = [L^2]. \quad (5)$$

623.] Эти пятнадцать уравнений не являются независимыми, и для того чтобы вывести размерности заключающихся в них двенадцати единиц, нам требуется еще одно дополнительное уравнение. Если, однако, мы примем e или m как независимые единицы, мы можем вывести размерности остальных как функции каждой из этих единиц.

$$(1) [e] = [e] = \left[\frac{L^2 M}{m T} \right]. \quad (2) [E] = \left[\frac{L^2 M}{e T^2} \right] = \left[\frac{m}{T} \right].$$

$$(3) \text{ и } (5) [p] = [m] = \left[\frac{L^2 M}{e T} \right] = [m].$$

$$(4) \text{ и } (6) [C] = [\mathfrak{Q}] = \left[\frac{e}{T} \right] = \left[\frac{L^2 M}{m T^2} \right].$$

$$(7) [\mathfrak{D}] = \left[\frac{e}{L^2} \right] = \left[\frac{M}{m T} \right]. \quad (8) [\mathfrak{E}] = \left[\frac{L M}{e T^2} \right] = \left[\frac{m}{L T} \right].$$

$$(9) [\mathfrak{B}] = \left[\frac{M}{e T} \right] = \left[\frac{m}{L^2} \right]. \quad (10) [\mathfrak{S}] = \left[\frac{e}{L T} \right] = \left[\frac{L M}{m T^2} \right].$$

$$(11) [\mathfrak{C}] = \left[\frac{e}{L^2 T} \right] = \left[\frac{M}{m T^2} \right]. \quad (12) [\mathfrak{A}] = \left[\frac{L M}{e T} \right] = \left[\frac{m}{L} \right].$$

*) [Мы имеем также $\left[\frac{\mathfrak{A}}{\mathfrak{B}} \right] = [L].$]

624.] Отношения первых десяти из этих величин могут быть представлены при помощи следующего распределения:

$$\begin{array}{c|c} e, & \mathfrak{D}, \mathfrak{S}, C \text{ и } \mathfrak{Q} \\ \hline m \text{ и } p, & \mathfrak{B}, \mathfrak{E}, E \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{c} E, \mathfrak{E}, \mathfrak{B}, m \text{ и } p \\ C \text{ и } \mathfrak{Q}, \mathfrak{S}, \mathfrak{D}, e \end{array} \right.$$

Величины, расположенные в первой строке, суть производные от e путем тех же самых операций, при помощи которых соответствующие количества во второй строке получены из m . Следует заметить, что порядок величин в первой строке является в точности обратным порядку второй строки. Первые четыре величины в каждой строке имеют основной символ в числителе, вторые четыре имеют его в знаменателе.

Все приведенные выше отношения остаются справедливыми, какова бы ни была выбрана система единиц.

625.] Единственными системами, имеющими научную ценность, являются электростатическая и электромагнитная системы ⁽¹⁷⁾. Электростатическая система основывается на определении единицы количества электричества и может быть выведена из уравнения

$$\mathfrak{E} = \frac{e}{L^2},$$

которое выражает, что результирующая электрической напряженности \mathfrak{E} в любой точке, обусловленная действием количества электричества e на расстоянии L , находится путем деления e на L^2 . Подставляя в уравнении размерностей (1) и (8), мы находим:

$$\left[\frac{L M}{e T^2} \right] = \left[\frac{e}{L^2} \right], \quad \left[\frac{m}{L T} \right] = \left[\frac{M}{m T} \right],$$

откуда

$$[e] = [L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}], \quad m = [L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}]$$

в электростатической системе.

Электромагнитная система основывается на подобном же определении единицы силы магнитного полюса, которое приводит к уравнению

$$\mathfrak{S} = \frac{m}{L^2},$$

откуда

$$\left[\frac{e}{LT} \right] = \left[\frac{M}{eT} \right], \quad \left[\frac{LM}{mT^2} \right] = \left[\frac{m}{L^2} \right]$$

и

$$[e] = [L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}], \quad [m] = [L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$$

в электромагнитной системе. Из этих результатов мы находим размерности других величин.

626.] *Таблица размерностей:*

	Сим-вол	Размерности в	
		электро-статической системе	электро-магнитной системе
Количество электричества	e	$[L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$	$[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}]$
Линейный интеграл электродвижущей напряженности	E	$[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$	$[L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}]$
Количество магнетизма	$\{m\}$	$[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}]$	$[L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$
Электрокинетическое количество движения цепи			
Электрический ток	$\{C\}$	$[L^{\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}]$	$[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$
Магнитный потенциал			
Электрическое смещение	\mathfrak{D}	$[L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$	$[L^{-\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}}]$
Поверхностная плотность			
Электродвижущая интенсивность	\mathfrak{E}	$[L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$	$[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}]$
Магнитная индукция	\mathfrak{B}	$[L^{-\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}}]$	$[L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$
Магнитная сила	\mathfrak{S}	$[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}]$	$[L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$
Сила тока в некоторой точке	\mathfrak{C}	$[L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-2}]$	$[L^{-\frac{3}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$
Вектор-потенциал	\mathfrak{A}	$[L^{-\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}}]$	$[L^{\frac{1}{2}} M^{\frac{1}{2}} T^{-1}]$

627.] Мы уже рассматривали произведения пар этих количеств в том порядке, в котором они представлены. Их отношения в некоторых случаях также имеют научное значение. Так:

	Сим-вол	Размерности в	
		электро-статической системе	электро-магнитной системе
$\frac{e}{E}$ = Емкость конденсатора	q	$[L]$	$\left[\frac{T^2}{L} \right]$
$\frac{p}{C}$ = { Коэффициент самоиндукции цепи или электромагнитная емкость }	L	$\left[\frac{T^2}{L} \right]$	$[L]$
$\frac{D}{\mathfrak{E}}$ = { Удельная индуктивная емкость диэлектрика }	K	$[0]$	$\left[\frac{T^2}{L^2} \right]$
$\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{S}}$ = Магнитная индуктивная емкость	μ	$\left[\frac{T^2}{L^2} \right]$	$[0]$
$\frac{e}{C}$ = { Сопротивление проводника }	R	$\left[\frac{T}{L} \right]$	$\left[\frac{L}{T} \right]$
$\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{C}}$ = { Удельное сопротивление вещества }	r	$[T]$	$\left[\frac{L^2}{T} \right]$

628.] Если единицы длины, массы и времени являются теми же самыми в обеих системах, число электростатических единиц электричества, содержащихся в одной электромагнитной единице, численно равняется некоторой скорости, абсолютная величина которой не зависит от величины примененных основных единиц. Эта скорость является существенной физической величиной, которую мы будем обозначать символом v .

Число электростатических единиц в одной электромагнитной единице

Для e, C, Q, D, S, E v .

Для m, p, E, B, G, X $\frac{1}{v}$.

Для электростатической емкости, диэлектрической индуктивной емкости и проводимости... v^2 .

Для электромагнитной емкости, магнитной индуктивной емкости и сопротивления... $\frac{1}{v^2}$.

В параграфах 768—780 будут даны несколько методов определения скорости v .

В электростатической системе удельная диэлектрическая индуктивная емкость воздуха принимается равной единице. Следовательно, эта величина в электромагнитной системе представлена величиной $\frac{1}{v^2}$.

В электромагнитной системе удельная магнитная индуктивная емкость воздуха принимается равной единице. Следовательно, в электростатической системе эта величина представлена $\frac{1}{v^2}$.

Практическая система электрических единиц

629.] Из двух систем единиц электромагнитная система имеет большее применение у электриков-практиков, занимающихся электромагнитными телеграфами. Однако, если использовать в качестве единиц длины, времени и массы те единицы, которые обычно применяются в других отраслях науки, например, метр или сантиметр, секунду и грамм, то единицы сопротивления и электродвижущей силы будут так малы, что для выражения величин, встречающихся на практике, должны были бы применяться громадные числа, а единицы количества электричества и емкости, наоборот, будут столь велики, что только исключительно малые дробные части их могли бы когда-нибудь встретиться на практике. Электрики-практики поэтому приняли

ряд электрических единиц, выведенных по электромагнитной системе от большой единицы длины и малой единицы массы.

Единица длины, примененная для этой цели, содержит десять миллионов метров, или приблизительно длину четверти земного меридиана.

Единица времени, как и прежде,—одна секунда.

Единица массы— 10^{-11} грамма, или одна стомиллионная часть миллиграмма.

Электрические единицы, выведенные из этих основных единиц, были названы по именам выдающихся исследователей в области электричества. Так, практическая единица сопротивления, называемая *омом*, представлена катушкой сопротивления, изготовленной Британской ассоциацией и описанной в параграфе 340*). В электромагнитной системе она выражается скоростью в 10 000 000 метров в секунду.

Практическая единица электродвижущей силы называется *вольт* и мало отличается от электродвижущей силы батареи Даниэля.

Латимер Клерк (Clark) недавно изобрел весьма постоянный элемент, электродвижущая сила которого почти точно равна 1,454 вольта.

Практическая единица емкости называется *фарадой*. Количество электричества, протекающее через один ом при электродвижущей силе в один вольт в течение одной секунды, равно заряду, который получается в конденсаторе с емкостью в одну фараду при электродвижущей силе в один вольт. Применение этих наименований было на практике найдено более удобным, чем непрерывное повторение слов «электромагнитная единица» с дополнительным указанием отдельных основных единиц, на которых они базируются.

При необходимости измерять очень большие величины образуются крупные единицы путем умножения первоначальной единицы на один миллион, для чего перед ее наименованием ставится приставка *мега*.

*) Этот параграф в настоящее издание не вошел. (Ред.)

Равным образом путем прибавления приставки *микро* образуется малая единица — одна миллионная часть первоначальной единицы.

Нижеследующая таблица дает значения этих практических единиц в различных системах, которые были приняты в разное время ⁽¹⁸⁾.

Основные единицы	Применяемые на практике системы	Доклад Британской ассоциации, 1863	Томсон	Вебер
Длина	$\frac{1}{4}$ земного меридиана	метр	сантиметр	миллиметр
Время	секунда	секунда	секунда	секунда
Масса	10^{-11} грамма	грамм	грамм	миллиграмм
Сопротивление	ом	10^7	10^9	10^{10}
Электродвижущая сила	вольт	10^8	10^9	10^{11}
Емкость	фарада	10^{-7}	10^{-9}	10^{-10}
Количество электричества	фарада (заряженная до 1 вольта)	10^{-2}	10^{-1}	10

ГЛАВА XI

ОБ ЭНЕРГИИ И НАПРЯЖЕНИЯХ
В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

Электростатическая энергия

630.] Энергия всякой системы может быть разделена на *потенциальную* энергию и *кинетическую* энергию. Потенциальная энергия, имеющая своей причиной электризацию, уже рассматривалась в параграфе 85 *). Ее можно представить соотношением

$$W = \frac{1}{2} \sum (e\psi), \quad (1)$$

где e есть заряд электричества в том месте, где электрический потенциал равен ψ , а суммирование должно быть распространено на все точки, в которых находятся электрические заряды.

Если f, g, h являются составляющими электрического смещения, количество электричества в элементе объема $dx dy dz$ будет:

$$e = \left(\frac{df}{dx} + \frac{dg}{dy} + \frac{dh}{dz} \right) dx dy dz \quad (2)$$

и

$$W = \frac{1}{2} \iiint \left(\frac{df}{dx} + \frac{dg}{dy} + \frac{dh}{dz} \right) \psi dx dy dz, \quad (3)$$

где интегрирование должно быть распространено на все пространство ⁽¹⁹⁾.

*) Этот параграф в настоящее издание не вошел. (Ред.)