**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЧИСТОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ (I.U.P.A.P.)
КОМИССИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ, ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕРМИНОЛОГИИ
(S. U. N. Commission)**

53.081

ОБОЗНАЧЕНИЯ, ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ В ФИЗИКЕ*)

**Документ U.I.P. 20
(1978)**

ВВЕДЕНИЕ

Содержащиеся в этом документе рекомендации были составлены Комиссией обозначений, единиц измерения и терминологии Международного союза чистой и прикладной физики и одобрены рядом Генеральных ассамблей I.U.P.A.P., проводившихся в период с 1948 по 1975 г.

Настоящий документ заменяет собой другой подобный документ: U.I.P. 11 (S.U.N. 65—3) от 1965 г., в котором были представлены предшествующие рекомендации Комиссии обозначений, единиц измерения и терминологии. Содержащиеся в данном документе рекомендации в основном согласованы с аналогичными материалами следующих международных организаций:

1) Международной организации по вопросам стандартизации, технический комитет I.S.O./T.C. 12;
2) Генеральной конференцией по мерам и весам (1948—1975 гг.);
3) Международного союза чистой и прикладной химии;
4) Международной электротехнической комиссии, технический комитет I.E.C./T.C. 25;
5) Международной комиссии по излучению.

Генеральный секретарь I.U.P.A.P. — проф. *Л. Кервин*, Университет им. Лаваля, Квебек, Канада

Секретарь Комиссии S.U.N. — проф. *Л. Виллена*, Мадрид, Испания

---

*) Symbols, Units and Nomenclature in Physics: Document U. I. P. 20 (1978).— International Union of Pure and Applied Physics. S. U. N. Commission.— 60 p.— Перевод А. А. Радцига.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рукопись новой редакции документа Комиссии обозначений, единиц измерения и терминологии (S.U.N.) была закончена проф. Ульрихом Стилле за несколько месяцев до его кончины в 1975 г. В качестве президента Комиссии S.U.N. он стимулировал ее работу по пересмотру предшествовавшего документа, датированного 1965 г.

В новом документе Комиссии S.U.N. были добавлены три новых раздела к гл. 7, относящиеся к физике твердого тела, физике плазмы и обозначениям безразмерных параметров, а также два новых раздела к гл. 8 — обозначения в теории множеств и символической логике. Полной переработке подверглась гл. 9 с системами единиц измерения. Было также пересмотрено содержание Приложения II, в которое включены наиболее последние данные по значениям физических констант, рекомендованные в 1973 г. CODATA.

Апрель 1977 г.

Дж. де Бур
(президент Комиссии S.U.N.)

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ — ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ *)

Примечание. Написание термина «физическая величина» соответственно на английском, немецком, итальянском и испанском языках имеет вид: «physical quantity», «physikalische Größe», «grandezza fizika» и «magnitud fisica».

1.1. Физические величины

Физическая величина (франц.: «grandeur physique») эквивалентна произведению *численного значения*, т. е. чистого числа, на *единицу измерения*:

физическая величина = численное значение × ед.измерения.

В случае физической величины, обозначаемой символом a, указанное соотношение обычно представляется в виде $a = \{a\}\cdot[a]$, где $\{a\}$ характеризует численное значение, а $[a]$ является символом единицы измерения. Безразмерные физические величины часто не имеют ни специального наименования, ни символа для обозначения единицы измерения, и она явно не указывается (см. далее 9.1 «Системы единиц»).

Примеры: $E = 200$ Дж. $n = 1{,}55$ (для кварца),
$F = 27$ Н, $\nu = 3\cdot10^8$ Гц.

1.2. Обозначения физических величин — общие правила

1. *Обозначениями (символами) физических величин* должны быть *отдельные буквы* латинского или греческого алфавитов, снабженные или нет дополнительными метками: нижними и верхними индексами, штрихами и т. д.

Замечания:

а) Исключением из этого правила являются двухбуквенные символы, используемые для обозначения безразмерных комбинаций физических величин (см. 7.14 «Безразмерные параметры»). Если такой символ, составленный из двух букв, стоит в виде множителя в каком-либо произведении, то рекомендуется отделить его от других символов с помощью точки, пропуска или скобок. Указанную величину можно возвести в положительную или отрицательную степень, не вводя дополнительных скобок.

б) Сокращения, т. е. укороченные формы названий или выражений, например, такие, как p.f. для функции разбиения, не должны использоваться при записи физических уравнений. Эти сокращения в тексте следует набирать обычным прямым шрифтом.

*) Для более детального знакомства с рассматриваемыми вопросами см. Международный стандарт I. S. O. 31/0 «Общие принципы использования величин, единиц измерения и обозначений».

2. *Обозначения физических величин* должны записываться в виде *курсива* (т. е. *наклонно*).

Замечание. В качестве основополагающего принципа при написании разного рода индексов рекомендуется следующий критерий: курсивом следует записывать лишь те индексы, которые являются символами физических величин.

Примеры:

Прямые индексы	Наклонные индексы
C_{g} (g — газ)	p в C_p
g_{n} (n — нормальный)	n в $\sum_n a_n \psi_n$
μ_{r} (r — относительный)	x в $\sum_x a_x b_x$
E_{k} (k — кинетический)	i, k в g_{ik}
χ_{e} (e — электрический)	x в p_x

3. *Обозначения векторов и тензоров.* Чтобы избежать употребления дополнительных нижних индексов, часто бывает удобно использовать для обозначения векторов и тензоров второго ранга буквы специального вида. Рекомендуется следующий выбор шрифтов:

а) Для обозначения векторов следует пользоваться полужирным (курсивным) шрифтом, например $\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{a}$.

б) Для обозначения тензоров второго ранга следует пользоваться полужирным рубленым шрифтом, например S, T.

Замечание. При отсутствии указанных шрифтов можно воспользоваться при обозначении векторных величин одной стрелкой, а тензорных — двумя стрелками, проставленными сверху соответствующего символа, например, $\vec{A}$, $\vec{\vec{S}}$.

1.3. Простые математические действия

1. *Сложение и вычитание* двух физических величин обозначают следующим образом:

$$a + b \quad \text{и} \quad a - b.$$

2. *Умножение* двух физических величин можно обозначить одним из следующих способов:

$$ab, \quad a \cdot b, \quad a \times b.$$

3. *Деление* одной величины на другую можно обозначить одним из следующих способов:

$$\frac{a}{b}, \quad a/b, \quad ab^{-1},$$

или любыми другими способами записи результата умножения для величин a и b^{-1}.

Рассмотренные операции обобщаются на случаи, когда одна из величин или обе величины вместе представляют, в свою очередь, произведения, отношения, суммы или разности других величин.

При необходимости записи более сложных выражений можно воспользоваться скобками, которые употребляются так же, как это принято в математике. Если косая черта используется для отделения числителя дроби от ее знаменателя и если возникают сомнения относительно того, откуда начинается числитель и где кончается знаменатель, то в этих случаях предпочтительнее воспользоваться скобками.

Примеры:

Выражения с горизонтальной чертой	Те же выражения с косой чертой	Выражения с горизонтальной чертой	Те же выражения с косой чертой
$\frac{a}{bcd}$	a/bcd	$\frac{a}{b-c}$	$a/(b-c)$
$\frac{2}{9}\sin kx$	$(2/9)\sin kx$	$\frac{a-b}{c-d}$	$(a-b)/(c-d)$
$\frac{a}{b}-c$	$a/b-c$	$\frac{a}{c}-\frac{b}{d}$	$a/c-b/d$

Замечание. Всегда рекомендуется в выражениях типа

$$\sin\{2\pi(x-x_0)/\lambda\}, \qquad \exp\{(r-r_0)/\sigma\},$$
$$\exp\{-V(r)/kT\}, \qquad \sqrt{\varepsilon/c^2}$$

помещать аргумент функций в скобки; исключение из этого правила относится к случаю, когда искомый аргумент представляет собой простое произведение двух величин, например $\sin kx$. Использование скобок становится необязательным при употреблении знака квадратного корня с верхней горизонтальной чертой.

2. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ — ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

2.1. Обозначения единиц измерения — общие правила

1. Для *обозначения единиц измерения* физических величин следует пользоваться *прямым шрифтом*.

2. *Обозначения единиц измерения* не должны включать в себя точек и должны оставаться неизменными во множественном числе, например 7 cm (см), но не 7 cms.

3. *Символы единиц измерения* следует набирать прямым *строчным* шрифтом. Однако в случае, если символ единицы происходит от имени собственного, первая буква в его написании должна отвечать прописной букве латинского алфавита, например м (метр), А (ампер), Вб (вебер), Гц (герц).

2.2. Приставки — общие правила

1. В табл. I приведены *приставки*, используемые для образования десятичных кратных и дольных единиц.

Таблица I

деци	$(=10^{-1})$	д	дека	$(=10^{1})$	да
санти	$(=10^{-2})$	с	гекто	$(=10^{2})$	г
милли	$(=10^{-3})$	м	кило	$(=10^{3})$	к
микро	$(=10^{-6})$	мк	мега	$(=10^{6})$	М
нано	$(=10^{-9})$	н	гига	$(=10^{9})$	Г
пико	$(=10^{-12})$	п	тера	$(=10^{12})$	Т
фемто	$(=10^{-15})$	ф	пета	$(=10^{15})$	П
атто	$(=10^{-18})$	а	экса	$(=10^{18})$	Э

2. Не следует пользоваться *составными приставками*, образованными путем комбинации двух или более приведенных выше приставок:

Не следует писать:	ммкс,	а следует:	нс	(наносекунда),
» » » :	кМВт,	» :	ГВт	(гигаватт),
» » » :	мкмкФ,	» :	пФ	(пикофарада)

3. В случае, когда приставка помещена перед символом единицы, следует рассматривать образовавшуюся *комбинацию из двух символов* в качестве *одного нового символа*, который можно возводить в положительную или отрицательную степень без привлечения скобок.

Примеры: см^3, мА^2, мкс^{-1}.

Замечание: см^3 всегда обозначает $(0{,}01\ \text{м})^3$, но отнюдь не $0{,}01\ \text{м}^3$; мкс^{-1} всегда обозначает $(10^{-6}\ \text{с})^{-1}$, но отнюдь не $10^{-6}\ \text{с}^{-1}$.

2.3. Математические действия

1. *Умножение* двух единиц измерения можно представить одним из следующих способов:

$$\text{Н м} \text{ или } \text{Н}\cdot\text{м}$$

2. *Деление* одной единицы измерения на другую можно представить одним из следующих способов:

$$\frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad \text{м/с}, \quad \text{м}\cdot\text{с}^{-1},$$

или любым другим способом записи результата умножения единиц м и с^{-1}. Не следует пользоваться при этом более чем одной косой чертой.

Примеры:

Не следует писать:	см/с/с,	а следует:	$\text{см/с}^2 = \text{см}\cdot\text{с}^{-2}$;
» » » :	Дж/К/моль,	» » :	$\text{Дж/К моль} = \text{Дж}\cdot\text{К}^{-1}\ \text{моль}^{-1}$.

3. ЧИСЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

1. *Цифры* должны набираться *прямым шрифтом*.

2. Символом записи числа в *десятичной системе* является запятая, написанная в линию к основной строке (,). В документах на английском языке можно использовать для этой цели как запятую, так и точку (.).

Если величина числа не превышает единицу, то перед десятичным знаком должен стоять нуль.

3. Знаком *умножения* чисел является крестик (×) или точка на уровне середины строки (·). Если точка используется в качестве десятичного знака, то для обозначения действия умножения ее привлекать не следует.

Пример: 2.3×3.4 или $2{,}3 \cdot 3{,}4$.

4. *Деление* одного числа на другое можно обозначить следующими способами:

$$\frac{136}{273{,}15}, \quad 136/273{,}15$$

или путем записи результата этого действия в виде произведения числителя и обратной степени знаменателя. В этих случаях число, возведенное в обратную степень, никогда не следует заключать в скобки.

Замечание. Если при записи чисел используется косая черта и если имеются сомнения относительно того, откуда начинается числитель и где кончается знаменатель, то в этих случаях следует воспользоваться скобками аналогично рассмотренному выше случаю написания физических величин (см. 1.3).

5. С целью облегчить прочтение *больших чисел* можно провести группировку цифр в *разряды по три*, но употреблять с этой целью запятые или точки, за исключением случая простановки десятичного знака, не следует.

Пример: 2 573,421 736.

4. ОБОЗНАЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, НУКЛИДОВ И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

1. *Символы химических элементов* следует писать с помощью *прямого шрифта*. После символа элемента точка не ставится.

Примеры: Ca C H He.

2. *Число нуклонов* (*массовое число*) *нуклида* обозначается с помощью левого верхнего индекса (например, ^{14}N).

3. Нижний правый индекс используется для обозначения *числа атомов* определенного нуклида в молекуле (например, $^{14}N_2$).

4. В случае необходимости верхний правый индекс следует использовать для обозначения *степени ионизации* (например, Ca^{2+}, PO_4^{3-}) или *возбужденного состояния* (например, $^{110}Ag^m$, He^*).

5. *Спектроскопическим обозначением z-кратно ионизованного атома* служит римская цифра $z+1$, следующая за символом химического элемента.

Примеры: CaII, AlIII, HI (спектроскопическое обозначение *нейтрального* атома водорода).

Замечание. Римские цифры, проставляемые на месте верхнего правого индекса, могут указывать *степень окисления* (например, $Pb_2^{II}Pb^{IV}O_4$, $K_6M^{IV}Mo_9O_{32}$, где M — символ металла).

6. *Обозначения элементарных частиц и квантов.*

В табл. II приведен соответствующий перечень рекомендуемых обозначений.

Таблица II

Нуклон	N	Ω-частица	Ω	K-мезон	K
Протон	p	Дейтерон	d	Электрон	e
Нейтрон	n	Тритон	t	Мюон	μ
Λ-частица	Λ	Гелион ($^3He^{2+}$)	h	Нейтрино	ν
Σ-частица	Σ	α-частица	α	Фотон	γ
Ξ-частица	Ξ	Пион	π		

Заряд частицы можно указать путем добавления верхнего индекса + — или 0.

Примеры: π^+, π^-, π^0, p^+, p^-, e^+, e^-.

Если символы p и e употребляются без обозначения зарядового состояния, то они соответственно характеризуют положительно заряженный протон и отрицательно заряженный электрон.

Метка в виде черты «—», или иногда в виде тильды «~», над символом элементарной частицы используется для обозначения соответствующей античастицы.

5. КВАНТОВЫЕ СОСТОЯНИЯ

5.1. Общие правила

Символ квантового состояния *системы* следует набирать прямым шрифтом для прописных букв.

Символ квантового состояния *отдельной частицы* следует набирать прямым шрифтом для строчных букв.

5.2. Атомная спектроскопия

Для обозначения квантовых состояний атомных систем используются следующие буквенные символы:

$$
\begin{array}{lll}
L,\ l = 0 : \mathrm{S},\ \mathrm{s}, & L,\ l = 4 : \mathrm{G},\ \mathrm{g}, & L,\ l = 8 : \mathrm{L},\ \mathrm{l}, \\
\quad\ = 1 : \mathrm{P},\ \mathrm{p}, & \quad\ = 5 : \mathrm{H},\ \mathrm{h}, & \quad\ = 9 : \mathrm{M},\ \mathrm{m}, \\
\quad\ = 2 : \mathrm{D},\ \mathrm{d}, & \quad\ = 6 : \mathrm{I},\ \mathrm{i}, & \quad\ = 10 : \mathrm{N},\ \mathrm{n}, \\
\quad\ = 3 : \mathrm{F},\ \mathrm{f}, & \quad\ = 7 : \mathrm{K},\ \mathrm{k}, & \quad\ = 11 : \mathrm{O},\ \mathrm{o}.
\end{array}
$$

Нижний правый индекс используется для обозначения квантового числа J или j полного углового момента. Верхний левый индекс указывает мультиплетность терма $(2S + 1)$.

Пример: ${}^2\mathrm{P}_{3/2}$-состояние ($J = 3/2$, мультиплетность терма 2),
$\mathrm{p}_{3/2}$-электрон ($j = 3/2$).

Электронная конфигурация атомной системы обозначается набором символов:

$$(nl)^k\ (n'l')^{k'}\ \ldots$$

Вместо указания значений $l = 0,\ 1,\ 2,\ 3\ \ldots$ можно использовать буквенные символы квантового состояния s, p, d, f . . .

Пример: конфигурация атомных электронов $(1\mathrm{s})^2\ (2\mathrm{s})^2\ (2\mathrm{p})^3$.

5.3. Молекулярная спектроскопия

В случае *линейных молекул* используются следующие буквенные обозначения ее электронных состояний:

$$
\begin{array}{l}
\Lambda,\ \lambda = 0 : \Sigma,\ \sigma, \\
\qquad\ = 1 : \Pi,\ \pi, \\
\qquad\ = 2 : \Delta,\ \delta,
\end{array}
$$

а в случае *нелинейных молекул* имеем соответственно:

A, a; B, b; E, e и т. д.

Замечания. Верхний левый индекс служит для обозначения мультиплетности терма. В случае молекул, обладающих центром симметрии, принято писать индексы четности g или u *), характеризующие симметрию волновой функции относительно операции инверсии электронных координат, в виде нижнего правого индекса. Симметрия молекулы относительно операции отражения в любой плоскости, проходящей через ось симметрии молекулы, характеризуется знаками + или —, проставляемыми в виде верхнего правого индекса при символе терма.

Примеры: Σ_g^+, Π_u, ${}^2\Sigma$, ${}^3\Pi$ и т. д.

---

*) От gerade (*нем.*) — четный, ungerade (*нем.*) — нечетный. (*Прим. ред.*)

В случае линейных молекул для обозначения углового момента колебательных состояний используются следующие буквенные символы:

$$\begin{aligned} l &= 0 : \Sigma \\ &= 1 : \Pi \\ &= 2 : \Delta \end{aligned}$$

5.4. Ядерная спектроскопия

Ядерное состояние характеризуется спином и четностью с помощью комбинации символов

$$J^{\pi},$$

где индекс четности π принимает значения $+$ и $-$ соответственно в случае четного и нечетного состояния.

Примеры: 3^+, 2^- и т. д.

В рамках модели оболочек ядерная конфигурация представляется с помощью символической записи

$$(nlj)^k\,(n'l'j')^{k'},$$

где первая скобка характеризует протонную оболочку, а вторая — нейтронную оболочку. Отрицательные значения k и k' соответствуют дыркам в заполненной оболочке. Вместо указания значений $l = 0, 1, 2, 3\ldots$ можно использовать буквенные символы квантового состояния s, p, d, f ...

Пример: ядерная конфигурация: $(1d3/2)^3\,(1f7/2)^2$.

5.5. Спектроскопические обозначения переходов

1. Верхний и нижний уровни маркируются соответственно как $'$ и $''$.

Примеры: $h\nu = E' - E''$, $\sigma = T' - T''$.

2. Спектроскопическое обозначение перехода составляется путем записи вначале символа верхнего состояния, затем — символа нижнего состояния, которые связываются чертой.

Примеры: $^2P_{1/2} - {}^2S_{1/2}$: электронный переход,

$(J', K') - (J'', K'')$: вращательный переход,

$v' - v''$: колебательный переход.

3. Переходы с поглощением и испусканием излучения можно отмечать соответственно стрелками $\leftarrow$ и $\rightarrow$.

Примеры: $^2P_{1/2} \rightarrow {}^2S_{1/2}$ — испускание излучения при переходе с уровня $^2P_{1/2}$ на уровень $^2S_{1/2}$;

$(J', K') \leftarrow (J'', K'')$ — поглощение излучения при переходе с уровня (J'', K'') на уровень (J', K').

4. Разность двух квантовых чисел отвечает разности квантовых чисел верхнего и нижнего состояний.

Пример: $\Delta J = J' - J''$.

5. Различные ветви вращательных полос следует обозначать следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta J = J' - J'' &= -2 : \text{O-ветвь}, \\ &= -1 : \text{P-ветвь}, \\ &= 0 : \text{Q-ветвь}, \\ &= +1 : \text{R-ветвь}, \\ &= +2 : \text{S-ветвь}. \end{aligned}$$

6. ТЕРМИНОЛОГИЯ

1. *Использование терминов «удельный» и «молярный»*

Употребление слова «удельный» (в английском написании «specific») по отношению к экстенсивным физическим величинам следует ограничивать рамками смыслового значения «деленный на массу (массу системы, если она состоит из более чем одной компоненты или фазы вещества)».

Примеры: удельный объем = объем/масса,
удельная энергия = энергия/масса,
удельная теплоемкость = теплоемкость/масса.

Употребление слова «молярный» (в английском написании «molar») по отношению к экстенсивным физическим величинам следует ограничивать рамками смыслового значения «деленный на количество вещества *) (количество вещества для системы, если она состоит из более чем одной компоненты или фазы вещества)».

Примеры: молярный объем = объем/количество вещества,
молярная энергия = энергия/количество вещества,
молярная теплоемкость = теплоемкость/количество вещества.

Символ X_{B}, где X характеризует какую-либо экстенсивную величину, а B является химическим символом вещества, служит для обозначения парциальной молярной величины, определенной по отношению к веществу B соотношением

$$X_{\mathrm{B}} = (\partial X/\partial n_{\mathrm{B}})_{T,p,n_{\mathrm{C}}}, \ldots$$

В случае чистого вещества B парциальная молярная величина X_{B} оказывается идентичной с молярной величиной X_{m}. Парциальную молярную величину X_{B} для чистого вещества B, которая идентична молярной величине X_{m} чистого вещества B, можно обозначить символом X_{B}^{*}, где верхний индекс «*» заменяет слово «чистый». Таким путем устанавливается различие между введенной величиной и парциальной молярной величиной X_{B} для вещества B, представляющего собой смесь различных компонент.

2. *Система обозначений ковариантного характера связи*

S — скалярная связь, A — аксиально-векторная связь,
V — векторная связь, P — псевдоскалярная связь.
T — тензорная связь.

3. *Сокращенная система обозначений ядерной реакции*

Смысловое значение символической записи реакции раскрывается следующим образом:

исходный нуклид (налетающая частица(ы) или кванты вылетающая частица(ы) или кванты) конечный нуклид.

Примеры: $^{14}\mathrm{N}(\alpha, \mathrm{p})^{17}\mathrm{O}$, $^{59}\mathrm{Co}(\mathrm{n}, \gamma)^{60}\mathrm{Co}$,
$^{23}\mathrm{Na}(\gamma, 3\mathrm{n})^{20}\mathrm{Na}$, $^{31}\mathrm{P}(\gamma, \mathrm{pn})^{29}\mathrm{Si}$.

---

*) Напомним, что в современной метрологии количеством вещества называется число содержащихся в нем структурных элементов и за единицу количества вещества принят моль, число частиц в котором называется числом Авогадро N_{A}. (*Прим. перев.*)

4. *Характер переходов*

Мультиполярность перехода:

электрический	или	магнитный	монополь:	E0 или M0,
»	»	»	диполь:	E1 или M1,
	»	»	квадруполь:	E2 или M2,
»	»	»	октуполь:	E3 или M3,
»	»	»	2^n-поль:	En или Mn.

Изменение четности при переходе:

переход *с* изменением четности: да,

переход *без* изменения четности: нет.

5. *Нуклид*

Слово *нуклид*, а не изотоп, должно употребляться для обозначения разновидности *атомов*, идентичных по своему атомному номеру (числу протонов) и массовому числу (числу нуклонов).

Различные нуклиды, имеющие один и тот же атомный номер, следует определять как *изотопы* или *изотопные нуклиды*.

Различные нуклиды, обладающие одним и тем же массовым числом, следует определять как *изобары* или *изобарные нуклиды*.

6. *Знак вектора поляризации* (*базельское соглашение*)

В ядерных взаимодействиях направление положительной поляризации частиц со спином 1/2 берется по векторному произведению

$$\mathbf{k}_i \times \mathbf{k}_0,$$

где $\mathbf{k}_i$ и $\mathbf{k}_0$ — волновые векторы падающей и вылетающей частиц.

7. *Описание поляризационных эффектов* (*мэдисонское соглашение*)

В символической записи ядерной реакции A(b, c)D стрелка над символами обозначает частицу, первоначально находящуюся в поляризованном состоянии или частицу, состояние поляризации которой измеряется.

Примеры:

$A(\vec{b}, c)D$: поляризованный падающий пучок,

$A(\vec{b}, \vec{c})D$: поляризованный падающий пучок; измеренная поляризация вылетающей частицы c (перенос поляризации),

$A(b, \vec{c})D$: неполяризованный падающий пучок; измеренная поляризация вылетающей частицы c,

$\vec{A}(b, c)D$: неполяризованный пучок падает на поляризованную мишень,

$\vec{A}(b, \vec{c})D$: неполяризованный пучок падает на поляризованную мишень; измеренная поляризация вылетающей частицы c,

$A(\vec{b}, c)\vec{D}$: поляризованный падающий пучок; измерение поляризации мишени.

7. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Замечания:

1) В случаях, когда для одной величины приведены несколько разных обозначений и не сделано специальных указаний, все они могут использоваться на равных основаниях.

2) Как правило, на наименование величины не обращается специальное внимание.

3) В случаях, когда существует несколько написаний для греческой буквы (ε, ϵ; ϑ, θ; $\varkappa$, κ; φ, ϕ), можно пользоваться любым из них. Форма написания ϖ буквы pi может использоваться в качестве независимой буквы.

7.1. Пространство и время

Пространственные координаты	(x, y, z)
Вектор положения	$\mathbf{r}$
Длина	l
Ширина	b
Высота	h
Радиус	r
Толщина	d, δ
Диаметр: $d = 2r$	d
Элемент пути	$\mathrm{d}s$
Площадь	A, S
Объем	V, (v)
Плоский угол	α, β, γ, θ, ϑ, φ
Телесный угол	ω, Ω
Длина волны	λ
Волновое число: $\sigma = 1/\lambda$	σ *)
Волновой вектор	$\boldsymbol{\sigma}$
Круговое (циклическое) волновое число: $\kappa = 2\pi/\lambda$	κ
Круговой (циклический) волновой вектор	$\boldsymbol{\kappa}$
Постоянная затухания: $F(x) = \exp(-\alpha x) \cos \beta x$	α
Фазовая постоянная	β
Постоянная распространения: $\gamma = \alpha + \mathrm{i}\beta$	γ
Время	t
Период, время периода	T
Частота: $\nu = 1/T$	ν, f
Круговая (циклическая) частота, угловая частота, пульсация: $\omega = 2\pi\nu$	ω
Время релаксации: $F(t) = \exp(-t/\tau)$	τ
Коэффициент затухания: $F(t) = \exp(-\delta t) \sin \omega t$	δ
Логарифмический декремент: $\Lambda = T\delta = T/\tau$	Λ
Скорость: $v = \mathrm{d}s/\mathrm{d}t$	u, v
Угловая скорость: $\omega = \mathrm{d}\varphi/\mathrm{d}t$	ω
Ускорение: $a = \mathrm{d}v/\mathrm{d}t$	a
Угловое ускорение: $\alpha = \mathrm{d}\omega/\mathrm{d}t$	α
Ускорение свободного падения	g
Нормальное ускорение свободного падения	g_n
Скорость света в вакууме	c
v/c	β
Релятивистские координаты: $x_0 = ct$, $x_1 = x$, $x_2 = y$, $x_3 = z$, $x_4 = \mathrm{i}ct$	$(x_0 x_1 x_2 x_3)$ $(x_1 x_2 x_3 x_4)$

*) В молекулярной спектроскопии принят также символ $\tilde{\nu}$.

7.2. Механика

Масса	m
Плотность (массы): $\rho = m/V$	ρ
Относительная плотность: $d = \rho/\rho(H_2O)$	d
Удельный объем: $v = V/m = 1/\rho$	v
Приведенная масса: $\mu = m_1 m_2/(m_1 + m_2)$	μ
Импульс: $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$	$\mathbf{p}$
Угловой момент (момент количества движения): $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{p}$	$\mathbf{L}$
Момент второго порядка плоской фигуры: $I_a = \int x^2\, dx\, dy$	I_a
Полярный момент второго порядка плоской фигуры: $I_p = \int (x^2 + y^2)\, dx\, dy$	I_p
Момент инерции: $I_z = \int (x^2 + y^2)\, dm$	I, J
Сила	$\mathbf{F}$
Вращающий момент, момент пары сил	$\mathbf{T}$
Вес	G, (W, P)
Момент силы	$\mathbf{M}$
Давление	p
Нормальное напряжение	σ
Тангенциальное напряжение	τ
Гравитационная постоянная: $F(r) = Gm_1m_2/r^2$	G
Линейная деформация, относительное удлинение: $\varepsilon = \Delta l/l_0$	ε
Модуль упругости, модуль Юнга: $\sigma = E\varepsilon$	E
Сдвиговая деформация	γ
Модуль сдвига: $\tau = G\gamma$	G
Объемная деформация, деформация всестороннего сжатия: $\theta = \Delta V/V_0$	θ
Модуль всестороннего сжатия: $p = -K\theta$	K
Отношение Пуассона	μ, ν
Вязкость	η, (μ)
Кинематическая вязкость: $\nu = \eta/\rho$	ν
Коэффициент трения	μ, (f)
Поверхностное натяжение	γ, σ
Энергия	E, W
Потенциальная энергия	E_p, V, Φ
Кинетическая энергия	E_k, T, K
Работа	W, A
Мощность	P
Коэффициент полезного действия	η
Функция Гамильтона	H
Функция Лагранжа	L
Главная функция Гамильтона (действие): $W = \int L\, dt$	W, S_p
Характеристическая функция Гамильтона: $S = 2\int T dt$	S
Обобщенная координата	q, q_i
Обобщенный импульс	p, p_i
Интеграл действия (фазовый интеграл): $J = \oint p\, dq$	J

7.3. Молекулярная физика

Число молекул	N
Плотность числа молекул: $n = N/V$	n
Постоянная Авогадро	L, N_A

Масса молекулы	m
Вектор скорости молекулы и его компоненты	$\mathbf{c}$, (c_x, c_y, c_z) $\mathbf{u}$, (u_x, u_y, u_z)
Вектор положения молекулы и ее координаты	$\mathbf{r}$, (x, y, z)
Вектор импульса молекулы и его компоненты	$\mathbf{p}$, (p_x, p_y, p_z)
Средняя скорость (вектор)	$\mathbf{c}_0$, $\mathbf{u}_0$, $\langle \mathbf{c} \rangle$, $\langle \mathbf{u} \rangle$
Средняя скорость (численное значение)	$\bar{c}$, $\bar{u}$, $\langle c \rangle$, $\langle u \rangle$
Наиболее вероятная скорость (численное значение)	$\hat{c}$, $\hat{v}$
Длина свободного пробега	l
Энергия притяжения молекулы	ε
Энергия взаимодействия молекул i и j	φ_{ij}, V_{ij}
Функция распределения по скоростям: $n = \int f \, dc_x \, dc_y \, dc_z$	$f(c)$
Функция Больцмана	H
Обобщенная координата	q
Обобщенный импульс	p
Объем в фазовом пространстве (γ-пространстве)	Ω
Термодинамическая (абсолютная) температура	T
Постоянная Больцмана	k
$1/kT$ (в экспоненциальных функциях)	β
Молярная (универсальная) газовая постоянная	R
Функция разбиения	Q, Z
Показатель симметрии	s
Коэффициент диффузии	D
Коэффициент термодиффузии	D_T
Термодиффузионное отношение	k_T
Термодиффузионный фактор	α_T
Характеристическая температура	Θ
Дебаевская температура: $\Theta_D = h\nu_D/k$	Θ_D
Эйнштейновская температура: $\Theta_E = h\nu_E/k$	Θ_E
Вращательная температура: $\Theta_r = h^2/8\pi^2 Ik$	Θ_r
Колебательная температура: $\Theta_v = h\nu/k$	Θ_v

7.4. Термодинамика*)

Количество тепла	Q
Работа	W, A
Термодинамическая (абсолютная) температура	T
Температура по шкале Цельсия	t, ϑ **)
Энтропия	S
Внутренняя энергия	U
Функция Гельмгольца (свободная энергия): $F = U - TS$	F
Энтальпия (тепловая функция): $H = U + pV$	H
Функция Гиббса (термодинамический потенциал Гиббса): $G = H - TS$	G
Функция Мазьё: $J = -F/T$	J
Функция Планка: $Y = -G/T$	Y
Коэффициент давления: $\beta = (\partial p/\partial T)_V$	β

*) Чтобы отличать молярные величины от величин, относящихся ко всей системе в целом, вводят дополнительный индекс m. Для обозначения удельных величин (см. 6.1) используют строчные буквы.

**) В случае совместного использования величин температуры (по шкале Цельсия) и времени символ t сохраняется за временной переменной.

Относительный коэффициент давления: $\alpha_p = (1/p) \times \times (\partial p/\partial T)_V$	α_p
Сжимаемость (изотермическа): $\varkappa = -(1/V)(\partial V/\partial p)_T$	$\varkappa$
Коэффициент линейного расширения	α_1
Коэффициент объемного расширения: $\alpha = (1/V) \times \times (\partial V/\partial T)_p$	α, γ
Коэффициент теплопроводности	λ
Удельная теплоемкость: $c = C/m$	c_p, c_V
Теплоемкость	C_p, C_V
Коэффициент Джоуля — Томсона	μ
Изэнтропический показатель *): $\varkappa = -(V/p) \times \times (\partial p/\partial V)_S$	$\varkappa$
Отношение удельных теплоемкостей	γ, ($\varkappa$)
Скорость потока тепла	Φ, (q)
Плотность потока тепла	$\mathbf{q}$, (φ)
Коэффициент температуропроводности: $a = \lambda/\rho c_p$	a

7.5. Электричество и магнетизм **)

Количество электричества	Q
Плотность зарядов	ρ
Плотность поверхностного заряда	σ
Электрический потенциал	V, φ
Разность потенциалов, напряжение	U, V
Электродвижущая сила	E
Напряженность электрического поля	$\mathbf{E}$
Электрический поток (поток электрического смещения)	Ψ
Электрическое смещение (электрическая индукция)	$\mathbf{D}$
Емкость	C
Диэлектрическая постоянная: $\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}$	ε
Диэлектрическая проницаемость вакуума, электрическая постоянная	ε_0
Относительная диэлектрическая проницаемость: $\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_0$	ε_r
Поляризованность диэлектрика (интенсивность поляризации): $\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}$	$\mathbf{P}$
Диэлектрическая восприимчивость	χ_e
Поляризуемость	α, γ
Электрический момент диполя	$\mathbf{p}$
Электрический ток	I
Плотность электрического тока	j, J
Напряженность магнитного поля	$\mathbf{H}$
Разность магнитных потенциалов	U_m
Магнитодвижущая сила: $F_m = \oint H_s\, ds$	F_m
Магнитная индукция, плотность магнитного потока	$\mathbf{B}$
Магнитный поток (поток магнитной индукции)	Φ
Магнитная проницаемость: $\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$	μ
Магнитная проницаемость вакуума, магнитная постоянная	μ_0
Относительная магнитная проницаемость: $\mu_r = \mu/\mu_0$	μ_r

*) В случае идеального газа изэнтропический показатель $\varkappa$ совпадает с отношением удельных теплоемкостей γ.

**) Следующая ниже система обозначений отвечает рационализированной 4-размерной системе величин (см. п. 2 Приложения I).

Намагниченность (интенсивность намагничивания): $\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M})$	$\mathbf{M}$
Магнитная восприимчивость	χ_m
Электромагнитный момент: $E_p = -\mathbf{m} \cdot \mathbf{B}$	μ, $\mathbf{m}$
(Омическое) сопротивление	R
Реактивное сопротивление	X
Добротность: $Q = \mid X \mid /R$	Q
Полное сопротивление (импеданс): $Z = R + \mathrm{i}X$	Z
Полная проводимость: $Y = 1/Z = G + \mathrm{i}B$	Y
Активная проводимость	G
Реактивная проводимость	B
Удельное сопротивление	ρ
Удельная проводимость: $\gamma = 1/\rho$	γ, σ
Индуктивность	L
Взаимная индуктивность	M, L_{12}
Коэффициент связи: $k = L_{12}/(L_1 L_2)^{1/2}$	k
Фазовое число	m
Угол потерь	δ
Число витков	N
Мощность	P
Объемная плотность энергии	w
Вектор Пойнтинга	$\mathbf{S}$
Векторный потенциал поля	$\mathbf{A}$

7.6. Излучение, свет*)

Энергия излучения	Q, (Q_e), W
Объемная плотность энергии излучения	w
Спектральная плотность энергии излучения (по длине волны): $w = \int w_\lambda \, \mathrm{d}\lambda$	w_λ
Поток излучения, мощность излучения: $\Phi = \int \Phi_\lambda \, \mathrm{d}\lambda$	Φ, (Φ_e), P
Плотность потока излучения	φ
Интенсивность излучения: $\Phi = \int I \, \mathrm{d}\Omega$	I, (I_e)
Спектральная интенсивность излучения (по частоте): $I = \int I_\nu \, \mathrm{d}\nu$	I_ν, $(I_{e\nu})$
Энергетическая освещенность (облученность): $\Phi = \int E \mathrm{d}S$	E, (E_e)
Энергетическая яркость (лучистость): $I = \int L \cos \vartheta \mathrm{d}S$	L, (L_e)
Энергетическая светимость (излучательность): $\Phi = \int M \, \mathrm{d}S$	M, (M_e)
Постоянная Стефана — Больцмана: $\sigma = 2\pi^5 k^4/15h^3c^2$	σ
Первая радиационная постоянная: $c_1 = 2\pi hc^2$	c_1
Вторая радиационная постоянная: $c_2 = hc/k$	c_2
Излучательная способность: $\varepsilon = M/M_B$ (M_B — энергетическая светимость абсолютно черного тела)	ε
Видность (световая отдача): $K = \Phi_v / \Phi_e$	K
Спектральная видность: $K(\lambda) = \Phi_{v\lambda}/\Phi_{e\lambda}$	$K(\lambda)$
Максимальная спектральная видность	K_m
Относительная видность (относительная световая эффективность): $V = K/K_m$	V

*) В ряде случаев для обозначения пар совпадающих энергетических характеристик излучения и светотехнических величин используются одинаковые символы, которые следует различать нижними индексами «e» (энергетический) и «v» (видимый) в ситуациях, когда в их толковании могут возникнуть трудности.

Относительная спектральная видность: $V(\lambda) = K(\lambda)/K_m$	$V(\lambda)$
Световая энергия (количество света)	Q, (Q_v)
Световой поток	Φ, (Φ_v)
Сила света: $\Phi = \int I \, d\Omega$	I, (I_v)
Спектральная сила света (по волновому числу): $I = \int I_\sigma d\sigma$	I_σ, $(I_{v\sigma})$
Освещенность: $\Phi = \int E \, dS$	E, (E_v)
Яркость: $I = \int L \cos\vartheta \, dS$	L, (L_v)
Светимость: $\Phi = \int M \, dS$	M, (M_v)
Коэффициент поглощения: Φ_a/Φ_0	α *)
Коэффициент отражения: Φ_r/Φ_0	ρ *)
Коэффициент пропускания: Φ_{tr}/Φ_0	τ *)
Линейный коэффициент ослабления	μ
Линейный коэффициент поглощения	a
Скорость света в вакууме	c
Показатель преломления: $n = c/c_n$	n

7.7. Акустика

Скорость звука	c
Скорость продольных волн	c_l
Скорость поперечных волн	c_t
Групповая скорость	c_g
Поток звуковой энергии (звуковая мощность)	P, P_a
Акустический коэффициент отражения: P_r/P_0	ρ
Акустический коэффициент поглощения: $1 - \rho$	α_a, (α)
Акустический коэффициент пропускания: P_{tr}/P_0	τ
Акустический коэффициент рассеяния: $\alpha_a - \tau$	δ
Уровень громкости	L_N
Уровень интенсивности звука	L_P
Уровень звукового давления	L_p

7.8. Квантовая механика

Комплексно сопряженная к Ψ волновая функция	Ψ^*
Плотность вероятности: $P = \Psi^*\Psi$	P
Плотность потока вероятности: $\mathbf{S} = (\hbar/2im)(\Psi^* \nabla\Psi - \Psi \nabla\Psi^*)$	$\mathbf{S}$
Объемная плотность заряда электронов: $\rho = -eP$	ρ
Плотность электронного тока: $\mathbf{j} = -e\mathbf{S}$	$\mathbf{j}$
Дираковский вектор состояния «бра»	$\langle \; |$
Дираковский вектор состояния «кет»	$| \; \rangle$
Среднее (ожидаемое) значение A	$\langle A \rangle$, $\overline{A}$
Коммутатор операторов A и B: $[A, B] = AB - BA$	$[A, B]$, $[A, B]_-$
Антикоммутатор операторов A и B: $[A, B]_+ = AB + BA$	$[A, B]_+$
Матричный элемент: $A_{ij} = \int \varphi_i^* (A\varphi_j) \, d\tau$	A_{ij}
Оператор, (эрмитово) сопряженный оператору A	A^+
Оператор импульса в координатном представлении	$(\hbar/i)\nabla$
Операторы уничтожения	a, b, α, β
Операторы рождения	a^+, b^+, α^+, β^+

---

*) Символами $\alpha(\lambda) = \Phi_{a\lambda}/\Phi_{o\lambda}$, $\rho(\lambda) = \Phi_{r\lambda}/\Phi_{o\lambda}$ и $\tau(\lambda) = \Phi_{tr\lambda}/\Phi_{o\lambda}$ обозначаются соответственно спектральные коэффициенты поглощения, отражения и пропускания.

7.9. Атомная и ядерная физика

Число нуклонов, массовое число	A
Число протонов, атомный номер	Z
Число нейтронов: $N = A - Z$	N
Элементарный заряд (равный заряду протона)	e
Масса электрона	m, m_e
Масса протона	m_p
Масса нейтрона	m_n
Масса мезона	m_π
Ядерная масса (масса ядра ^AX)	m_N, $m_N(^AX)$
Атомная масса (масса нуклида ^AX)	m_a, $m_a(^AX)$
(Единая) атомная единица массы: $m_u = m_a(^{12}C)/12$	m_u
Относительная атомная масса: m_a/m_u	A_r
Постоянная Планка ($\hbar = h/2\pi$)	h
Главное квантовое число (кв. ч.)	n, n_i
Кв. ч. орбитального (углового) момента	L, l_i
Кв. ч. спинового момента	S, s_i
Кв. ч. полного углового момента	J, j_i
Магнитное кв. ч.	M, m_i
Кв. ч. ядерного спинового момента	I, J *)
Кв. ч. полного момента атома	F
Вращательное кв. ч.	J, K
Колебательное кв. ч.	v
Квадрупольный момент	Q
Постоянная Ридберга **)	R_∞
Радиус Бора **)	a_0
Постоянная тонкой структуры **)	α
Дефект массы: $m_a - Am_u$	Δ
Доля упаковки: Δ/Am_u	f
Радиус ядра: $R = r_0A^{1/3}$	R
Магнитный момент частицы	μ
Магнитный момент протона	μ_p
Магнитный момент нейтрона	μ_n
Магнитный момент электрона	μ_e
Магнетон Бора **)	μ_B
Ядерный магнетон	μ_N
g-фактор: например, $g = \mu/I\mu_N$	g
Гиромагнитное отношение, гиромагнитный коэффициент **)	γ
Ларморовская частота **)	ω_L
Ширина уровня	Γ
Среднее время жизни	τ
Энергетический эффект реакции	Q
Сечение рассеяния	σ
Макроскопическое сечение рассеяния: $\Sigma = n\sigma$	Σ
Прицельное расстояние	b
Угол рассеяния	ϑ, θ, φ
Коэффициент внутренней конверсии	α
Энергия распада	Q
Период полураспада	$T_{1/2}$
Приведенное время полураспада	$fT_{1/2}$

*) Символ I используется в атомной физике, а J — в ядерной физике.
**) Определение этих величин см. в п. 3 Приложения I.

Постоянная затухания, постоянная распада	λ
Активность радиоактивного источника	A
Комптоновская длина волны: $\lambda_C = h/mc$	λ_C
Радиус электрона *)	r_e
Линейный коэффициент затухания	μ, μ_l
Атомный коэффициент затухания	μ_a
Массовый коэффициент затухания	μ_m
Линейная тормозная способность	S, S_l
Атомная тормозная способность	S_a
Линейная глубина проникновения	R, R_l
Коэффициент рекомбинации	α

7.10. Физика твердого тела

Вектор решетки: вектор трансляций, отображающий кристаллическую решетку саму на себя	$\mathbf{R}$, $\mathbf{R}_0$
Векторы основных трансляций кристаллической решетки: $\mathbf{R} = n_1\mathbf{a}_1 + n_2\mathbf{a}_2 + n_3\mathbf{a}_3$, где n_1, n_2, n_3 — целые числа	$\mathbf{a}_1$, $\mathbf{a}_2$, $\mathbf{a}_3$; $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$, $\mathbf{c}$
Вектор обратной решетки: $\mathbf{G}\cdot\mathbf{R} = m\cdot 2\pi$, где m — целое число	$\mathbf{G}$
Векторы основных трансляций обратной решетки: $\mathbf{a}_i\cdot\mathbf{b}_k = 2\pi\delta_{ik}$ **), где δ_{ik} — символ Кронекера	$\mathbf{b}_1$, $\mathbf{b}_2$, $\mathbf{b}_3$; $\mathbf{a}^*$, $\mathbf{b}^*$, $\mathbf{c}^*$
Расстояние между плоскостями в решетке	d
Угол Брэгга	ϑ
Порядок отражения	n
Параметр ближнего порядка	σ
Параметр дальнего порядка	s
Вектор Бюргерса	$\mathbf{b}$
Вектор положения частицы ***)	$\mathbf{r}$, $\mathbf{R}$
Вектор равновесного положения иона	$\mathbf{R}_0$
Вектор смещения иона	$\mathbf{u}$
Нормальные координаты	Q_i
Вектор поляризации	$\mathbf{e}$
Фактор Дебая — Валлера	D
Волновое число Дебая	q_D
Дебаевская частота	ω_D
Параметр Грюнайзена: $\gamma = \alpha V/\kappa C_V$ (α — коэффициент при кубическом члене в разложении потенциальной энергии, κ — сжимаемость)	γ, Γ
Постоянная Маделунга	α
Длина свободного пробега электронов	l, l_e
Длина свободного пробега фононов	Λ, l_{ph}
Дрейфовая скорость	v_{dr}
Подвижность	μ
Одноэлектронная волновая функция	$\psi(\mathbf{r})$
Волновая функция Блоха: $\psi_{\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = u_{\mathbf{k}}(\mathbf{r}) \exp(i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r})$	$u_{\mathbf{k}}(\mathbf{r})$
Плотность состояний: $dN(E)/dE = N_E(E) = \rho(E)$	N_E, ρ
(Спектральная) плотность колебательных состояний	g, N_ω
Обменный интеграл	J

*) Определение этой величины см. в п. 3 Приложения *1*.

**) В кристаллографии, однако, принято считать $\mathbf{a}_i\cdot\mathbf{b}_k = \delta_{ik}$.

***) Чтобы провести различие между векторами положения электронов и ионов, следует использовать соответственно строчные и прописные буквы.

Тензор удельного сопротивления	ρ_{ik}
Тензор проводимости	σ_{ik}
Тензор теплопроводности	λ_{ik}
Остаточная проводимость	ρ_{R}
Время релаксации	τ
Число Лоренца: $L = \lambda/\sigma T$	L
Коэффициент Холла	A_{H}, R_{H}
Коэффициент Эттингхаузена	A_{E}
Первый коэффициент Эттингхаузена — Нернста	A_{N}
Первый коэффициент Риги — Ледюка	A_{RL}
Термоэлектродвижущая сила между веществами a и b	E_{ab}
Коэффициент Зеебека для веществ a и b: $S_{\mathrm{ab}} = \mathrm{d}E_{\mathrm{ab}}/\mathrm{d}T$	S_{ab}, $\varepsilon_{\mathrm{ab}}$
Коэффициент Пелтье для веществ a и b	Π_{ab}
Коэффициент Томсона	μ, (τ)
Работа выхода *): $\Phi = e\varphi$	φ
Постоянная Ричардсона: $j = AT^2 \exp(-\Phi/kT)$	A
Плотность числа электронов **)	n, n_{n}, n_-
Плотность числа дырок **)	p, n_{p}, n_+
Плотность числа доноров	n_{d}
Плотность числа акцепторов	n_{a}
Внутренняя плотность числа частиц: $n_{\mathrm{i}} = (n \cdot p)^{1/2}$	n_{i}
Ширина энергетической щели	E_{g}
Энергия ионизации доноров	E_{d}
Энергия ионизации акцепторов	E_{a}
Энергия Ферми	E_{F}, ε_{F}
Волновой вектор, вектор распространения (частиц)	$\mathbf{k}$
Волновой вектор, вектор распространения (фононов)	$\mathbf{q}$
Волновой вектор Ферми	$\mathbf{k}_{\mathrm{F}}$
Оператор уничтожения электронов	a
Оператор рождения электронов	a^+
Оператор уничтожения фононов	b
Оператор рождения фононов	b^+
Эффективная масса **)	m_{n}^*, m_{p}^*
Подвижность **)	μ_{n}, μ_{p}
Отношение подвижностей: $b = \mu_{\mathrm{n}}/\mu_{\mathrm{p}}$	b
Коэффициент диффузии **)	D_{n}, D_{p}
Диффузионная длина **)	L_{n}, L_{p}
Время жизни носителей **)	τ_{n}, τ_{p}
Характеристическая температура (Вейсса)	Θ, Θ_{W}
Температура Кюри	T_{C}
Температура Нееля	T_{N}
Температура сверхпроводящего перехода	T_{c}
Напряженность (термодинамического) критического магнитного поля	H_{c}
Напряженности критического магнитного поля в сверхпроводнике ***) (II рода)	H_{c1}, H_{c2}, H_{c3}
Ширина энергетической щели в сверхпроводнике	Δ

*) Символ W используется для обозначения величины $W = \Phi + \mu$, где μ — химический потенциал, *равный* в пределе $T = 0$ *энергии Ферми* E_{F}.

**) В общем случае для обозначения электронов и дырок можно использовать соответственно символы n и p, или — и + .

***) H_{c1} : для магнитного поля, проникающего в сверхпроводник; H_{c2} : для магнитного поля в объеме сверхпроводника, при котором исчезает сверхпроводимость; H_{c3} : для магнитного поля в поверхностном слое образца, при котором исчезает сверхпроводимость.

Глубина проникновения Лондонов	λ_L
Длина когерентности	ξ
Параметр Гинзбурга — Ландау: $\varkappa = \lambda_L/\xi \sqrt{2}$	$\varkappa$
Квант магнитного потока (флюксоид): $\Phi_0 = h/2e$ *)	Φ_0
Индексы Миллера	h_1, h_2, h_3 h, k, l
Отдельная плоскость или семейство параллельных плоскостей в решетке	(h_1, h_2, h_3) (h, k, l)
Полное семейство плоскостей в решетке, эквивалентных по симметрии	$\{h_1, h_2, h_3\}$ $\{h, k, l\}$
Направление в решетке	$[u, v, w]$
Полное семейство направлений в решетке, эквивалентных по симметрии	$\langle u, v, w\rangle$

Замечание. Если внутри скобочных выражений буквенные символы заменены на числовые, то знаки запятых обычно опускаются. Отрицательное числовое значение обычно обозначается с помощью горизонтальной черты сверху символа, например, $(\bar{1}10)$.

7.11. Молекулярная спектроскопия

Квантовое число (кв. ч.) проекции электронного углового момента на ось симметрии	Λ, λ_i
Кв. ч. проекции электронного спинового момента на ось симметрии	Σ, σ_i
Кв. ч. проекции полного электронного углового момента на ось симметрии: $\Omega = \| \Lambda + \Sigma \|$	Ω, ω_i
Кв. ч. электронного спина	S
Кв. ч. ядерного спина	I
Кв. ч. колебательного состояния	v
Фактор вырождения колебательного состояния	d
Кв. ч. колебательного углового момента (Л. М.)	l
Кв. ч. полного углового момента (исключая ядерный спиновый момент)	J
Кв. ч. проекции вектора $\mathbf{J}$ на направление внешнего поля	M, M_J
Кв. ч. проекции вектора $\mathbf{S}$ на направление внешнего поля	M_S
Кв. ч. полного углового момента (включая ядерный спиновый момент): $\mathbf{F} = \mathbf{J} + \mathbf{I}$	F
Кв. ч. проекции вектора $\mathbf{F}$ на направление внешнего поля	M_F
Кв. ч. проекции вектора $\mathbf{I}$ на направление внешнего поля	M_I
Кв. ч. проекции углового момента на выделенное направление (Л. М. и С. В. М.; исключая электронный и ядерный спиновые моменты; для Л. М. имеем: $K = \| \Lambda + l \|$)	K
Кв. ч. полного углового момента (Л. М. и С. В. М.; исключая электронный и ядерный спиновые моменты: $\mathbf{J} = \mathbf{N} + \mathbf{S}$ **))	N

---

*) Параметр $2e/h = 1/\Phi_0$ называют также характеристической константой макроскопической когерентности в сверхпроводниках.

**) Случай слабой связи электронного спина.

Кв. ч. проекции углового момента на ось симметрии (Л. М. и С. В. М.; исключая ядерный спиновый момент; для Л. М. имеем: $P = \mid K + \Sigma \mid$ *))	P
Электронный терм: $T_e = E_e/hc$ **)	T_e
Колебательный терм: $G = E_{\text{vibr}}/hc$	G
Коэффициенты разложения колебательного терма (для Д. М.): $G = \sigma_e (v + 1/2) - x\sigma_e (v + 1/2)^2$	σ_e, $x\sigma_e$
Коэффициенты разложения колебательного терма (для М. М.): $G = \sum \sigma_j\left(v_j + \frac{1}{2} d_j\right) + \frac{1}{2}\sum_j \sum_k x_{jk} \left(v_j + \frac{1}{2} d_j\right) \left(v_k + \frac{1}{2} d_k\right)$	σ_j, x_{jk}
Вращательный терм: $F = E_{\text{rot}}/hc$	F
Главные моменты инерции: $I_A \leqslant I_B \leqslant I_C$ ***)	I_A, I_B, I_C
Вращательные постоянные: $A = h/8\pi^2 c I_A$ и т. д. ***)	A, B, C
Полный терм молекулы: $T = T_e + G + F$	T

Замечание. Л. М.— линейные молекулы; С. В. М.— молекулы в модели симметричного волчка; Д. М.— двухатомные молекулы; М. М.— многоатомные молекулы. Для более подробного знакомства с затронутыми вопросами см.: Report on Notation for the Spectra of Polyatomic Molecules (Joint Commission for Spectroscopy of I.U.P.A.P. and I.A.U., 1954).— J. Chem. Phys., **1955**, v. 23, p. 1997.

7.12. Химическая физика

Относительная атомная масса	A_r
Относительная молекулярная масса	M_r
Количество вещества	n, ν ****)
Молярная масса вещества B	M_B
Концентрация вещества B: $c_B = n_B/V$	c_B
Мольная доля вещества B	x_B
Массовая доля вещества B	w_B
Объемная доля вещества B	φ_B
Мольное отношение раствора	r
Молярность раствора	m
Химический потенциал вещества B *****)	μ_B
Абсолютная активность вещества B (безразмерная величина): $\lambda_B = \exp(\mu_B/kT)$	λ_B
Относительная активность	a_B
Коэффициенты активности	γ_B, f_B
Осмотическое давление	Π
Осмотический коэффициент (растворителя)	g, φ
Стехиометрический коэффициент вещества B	ν_B
Сродство	A
Порядок реакции	ξ
Константа химического равновесия	K
Зарядовое число иона	z

*) Случай сильной связи электронного спина.

**) Все энергии здесь отсчитываются от уровня основного состояния.

***) В случае двухатомных молекул используются обозначения: I и $A = h/8\pi^2 cI$.

****) Когда символ n используется для обозначения плотности числа частиц, можно ввести символ ν в качестве альтернативы для n.

*****) Из расчета на одну частицу.

Постоянная Фарадея	F
Ионная крепость	I
Приведенная активность вещества B: $z_B = (2\pi mkT/h^2)^{3/2}\lambda_B$	z_B

7.13. Физика плазмы

Энергия частицы	ε
Энергия диссоциации (например, молекулы X)	E_d, E_d (X)
Сродство к электрону	E_{ea}
Потенциал ионизации	E_i
Степень ионизации	x
Зарядовое число (положительного или отрицательного иона)	z
Плотность числа ионов с зарядом ez *)	n_z
Степень ионизации, отвечающая зарядовому числу $z \geqslant 1$: $x_z = n_z/(n_z + n_{z-1})$	x_z
Температура нейтральных частиц	T_n
Температура ионов	T_i
Температура электронов	T_e
Плотность числа электронов	n_e
Плазменная частота: $\omega_{pe}^2 = n_e e^2/\varepsilon_0 m_e$	ω_{pe}
Дебаевская длина	λ_D
Заряд частицы	q
Циклотронная частота электронов: $\omega_{ce} = (e/m_e)B$	ω_{ce}
Циклотронная частота ионов: $\omega_{ci} = (ze/m_i)B$	ω_{ci}
Приведенная масса: $\mu = m_1 m_2/(m_1 + m_2)$	μ, m_r
Прицельный параметр	b
Длина свободного пробега	l, λ
Частота столкновений	ν_{coll}, ν_c
Среднее время между столкновениями: $\tau_{coll} = 1/\nu_{coll}$	τ_{coll}, τ_c
Сечение столкновения: $\sigma = 1/ln$	σ
Эффективность ионизации при столкновениях с электронами: $s_e = (\rho_0/\rho)\, dN/dx$ (dN — число пар ионов, образованных ионизирующими электронами на пути dx в газе с плотностью ρ; ρ_0 — плотность газа при $p_0 = 1$ мм рт. ст. и $T_0 = 273{,}15$ К)	s_e
Константа скорости реакции	k
Константа скорости мономолекулярной реакции: $-dn_A/dt = k_m n_A$	k_m
Время релаксации (например, $\tau = 1/k_m$)	τ
Константа скорости парного процесса, константа скорости бимолекулярной реакции (например, $X + Y \rightarrow XY + h\nu$): $dn_{XY}/dt = k_b n_X n_Y$	k_b
Константа скорости тройного процесса, константа скорости тримолекулярной реакции (например, $X + Y + M \rightarrow XY + M^*$): $dn_{XY}/dt = k_t n_M n_X n_Y$	k_t
Первый коэффициент (электронной) ионизации Таунсенда **)	α
Второй коэффициент (ионной) ионизации Таунсенда	β
Коэффициент вторичной электронной эмиссии	γ

*) При рассмотрении только однократно заряженных ионов вместо символов n_{-1} и n_{+1} можно употреблять соответственно n_- и n_+.

**) То же наименование используется также для величины $\eta = \alpha/E$, где E — напряженность электрического поля.

Дрейфовая скорость	v_{dr}
Подвижность: $\mu = v_{\mathrm{dr}}/E$	μ
Коэффициент диффузии положительных или отрицательных ионов	D_+, D_-
Коэффициент диффузии электронов	D_{e}
Коэффициент амбиполярной (электрон-ионной) диффузии: $D_{\mathrm{a}} = (D_+ \mu_{\mathrm{e}} + D_{\mathrm{e}}\mu_+)/(\mu_+ + \mu_{\mathrm{e}})$	D_{a}, D_{amb}
Характеристическая длина диффузии	L_{D}, Λ
Частота ионизации	ν_{i}
Коэффициент ион-ионной (взаимной) рекомбинации: $\mathrm{d}n_-/\mathrm{d}t = -\alpha_{\mathrm{i}} n_- n_+$	α_{i}
Коэффициент электрон-ионной рекомбинации: $\mathrm{d}n_{\mathrm{e}}/\mathrm{d}t = -\alpha_{\mathrm{e}} n_{\mathrm{e}} n_+$	α_{e}
Давление плазмы	p
Магнитное давление: $p_{\mathrm{m}} = B^2/2\mu$ (μ — магнитная проницаемость)	p_{m}
Отношение магнитных давлений: $\beta = p/p_{\mathrm{m}}$ (p_{m} — магнитное давление вне плазмы)	β
Коэффициент магнитной диффузии: $\nu_{\mathrm{m}} = 1/\mu\sigma$ (σ — удельная проводимость, μ — магнитная проницаемость)	ν_{m}, η_{m}
Альвеновская скорость: $v_A = B/(\mu\rho)^{1/2}$ (ρ — плотность плазмы, μ — магнитная проницаемость)	v_A

7.14. Безразмерные параметры *)

1. *Перенос импульса*

Число Рейнольдса: $Re = vl/\nu$	Re **)
Число Эйлера: $Eu = \Delta p/\rho v^2$	Eu
Число Фруда: $Fr = v\,(lg)^{-1/2}$	Fr
Число Грассхофа: $Gr = l^3 g\gamma\,\Delta T/\nu^2$	Gr
Число Вебера: $We = \rho v^2 l/\sigma$	We
Число Маха: $Ma = v/c$	Ma
Число Кнудсена: $Kn = \lambda/l$	Kn
Число Струхала: $Sr = lf/v$	Sr

Причем данные выше определения содержат следующий перечень величин: l — характерная длина, v — характерная скорость, ΔT — характерная разность температур, Δp — характерная разность давлений, ρ — плотность, η — коэффициент вязкости, ν — кинематическая вязкость (η/ρ), σ — поверхностное натяжение, g — ускорение свободного падения, γ — коэффициент объемного расширения ($-\rho^{-1}\,(\partial\rho/\partial T)_p$), λ — длина свободного пробега, f — характерная частота, c — скорость звука. Кроме того, имеет место равенство $\Delta\rho/\rho = \gamma\,\Delta T$.

2. *Перенос тепла*

Число Фурье: $Fo = a\,\Delta t/l^2$	Fo
Число Пекле: $Pe = vl/a = Re\cdot Pr$	Pe
Число Рэлея: $Ra = l^3 g\gamma\,\Delta T/\nu a = Gr\cdot Pr$	Ra
Число Нуссельта: $Nu = hl/\lambda$	Nu
Число Стентона: $St = h/\rho v c_p = Nu\cdot Pe^{-1}$	St

*) Приведенные обозначения рекомендованы Международной организацией по вопросам стандартизации: I.S.O. 31 Part XII.

**) Для всех таких чисел у нас часто используют (прямой) рубленый шрифт. (*Прим. ред.*)

Причем данные выше определения содержат следующий перечень величин: l — характерная длина, v — характерная скорость, Δt — характерный интервал времени, ΔT — характерная разность температур, g — ускорение свободного падения, ρ — плотность, η — коэффициент вязкости, ν — кинематическая вязкость (η/ρ), c_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении, γ — коэффициент объемного расширения $(-\rho^{-1}(\partial\rho/\partial T)_p)$, λ — коэффициент теплопроводности, a — коэффициент температуропроводности $(\lambda/\rho c_p)$, h — коэффициент теплопередачи (количество тепла/(время $\times$ площадь поперечного сечения $\times$ разность температур)).

3. *Перенос материи в бинарной смеси*

Число Фурье для массопередачи: $Fo^* = D\,\Delta t/l^2 = Fo/Le$ — Fo^*

Число Пекле для массопередачи: $Pe^* = vl/D = Re\cdot Sc = Pe\cdot Le$ — Pe^*

Число Грассхофа для массопередачи: $Gr^* = l^3 g\beta'\,\Delta x/\nu^2$ — Gr^*

Число Нуссельта для массопередачи: $Nu^* = kl/\rho D$ — Nu^*

Число Стентона для массопередачи: $St^* = k/\rho v = Nu^*/Pe^*$ — St^*

Причем данные выше определения содержат следующий перечень величин: l — характерная длина, v — характерная скорость, Δt — характерный интервал времени, Δx — характерная разность мольных долей, g — ускорение свободного падения, ρ — плотность, ν — кинематическая вязкость (η/ρ), $\beta' = -\rho^{-1}(\partial\rho/\partial x)_{T,p}$, D — коэффициент диффузии, k — коэффициент массопередачи (масса/(время $\times$ площадь поперечного сечения $\times$ разность мольных долей), γ — коэффициент объемного расширения $(-\rho^{-1}(\partial\rho/\partial T)_p)$. Кроме того, имеет место равенство $-\Delta\rho/\rho = \gamma\Delta T + \beta'\,\Delta x$.

4. *Безразмерные постоянные, характеризующие вещество*

Число Прандтля: $Pr = \nu/a$ — Pr

Число Шмидта: $Sc = \nu/D$ — Sc

Число Льюиса: $Le = a/D = Sc/Pr$ — Le

Причем данные выше определения содержат следующий перечень величин: ρ — плотность, η — коэффициент вязкости; ν — кинематическая вязкость (η/ρ), D — коэффициент диффузии, c_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении, λ — коэффициент теплопроводности, a — коэффициент температуропроводности $(\lambda/\rho c_p)$.

5. *Магнитная гидродинамика*

Магнитное число Рейнольдса: $Rm = v\mu\sigma l$ — Rm

Число Альвена: $Al = v/v_A$ — Al

Число Гартмана: $Ha = Bl\,(\sigma/\rho\nu)^{1/2}$ — Ha

Число Каулинга (второе число Каулинга): $Co = B^2/\mu\rho v^2 = Al^{-2}$ — Co, Co_2

Первое число Каулинга: $Co_1 = B^2 l\sigma/\rho v = Rm\cdot Co_2 = Ha^2/Re$ — Co_1

Причем данные выше определения содержат следующий перечень величин: ρ — плотность, l — характерная длина, v — характерная скорость, η — коэффициент вязкости, ν — кинематическая вязкость (η/ρ), μ — магнитная проницаемость, B — плотность магнитного потока, σ — удельная проводимость, v_A — альвеновская скорость: $v_A = B\,(\rho\mu)^{-1/2}$.

8. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

8.1. Общие обозначения

Равенство	$=$
Неравенство	$\neq$
Тождественное равенство	$\equiv$
Равенство по определению	$\stackrel{\text{def}}{=\!=}$
Соответствие	$\widehat{=}$
Приближенное равенство	$\approx$
Асимптотическое равенство	$\simeq$
Пропорциональность	$\sim$, $\propto$
Стремление к . . .	$\to$
Знак «больше»	$>$
Знак «меньше»	$<$
Знак «много больше»	$\gg$
Знак «много меньше»	$\ll$
Знак «больше или равен»	$\geqslant$, $\geqq$, $\geq$
Знак «меньше или равен»	$\leqslant$, $\leqq$, $\leq$
Знак «сложение»	$+$
Знак «вычитание»	$-$
Знак «сложение или вычитание»	$\pm$
a умножить на b	ab, $a \cdot b$, $a \times b$
a разделить на b	a/b, $\frac{a}{b}$, ab^{-1}
Отношение длины окружности к ее диаметру	π
a возвести в n-ю степень	a^n
Абсолютная величина a	$\lvert a \rvert$
Корень квадратный из a	$\sqrt{a}$, $\sqrt{a}$, $a^{1/2}$
Среднее значение a	$\bar{a}$, $\langle a \rangle$
p-факториал	$p!$
Биномиальный коэффициент: $n!/p!\,(n-p)!$	$\binom{n}{p}$
Бесконечность	∞

8.2. Буквенные обозначения

Отдельные буквенные символы и буквенные выражения, служащие для обозначения *математических операций*, следует записывать с помощью *прямого шрифта*.

Экспоненциальная функция от x	$\exp x$, e^x
Основание натуральных логарифмов	e
Логарифмическая функция от x по основанию a	$\log_a x$
Натуральный логарифм от x	$\ln x$, $\log_e x$
Десятичный логарифм от x	$\lg x$, $\log_{10} x$
Двоичный логарифм от x	$\mathrm{lb}\, x$, $\log_2 x$
Сумма	Σ
Произведение	Π
Конечное приращение переменной x	Δx *)
Вариация переменной x	δx

---

*) Прописная греческая буква дельта, а не значок треугольника!

Полный дифференциал переменной x	$\mathrm{d}x$
Функция от переменной x	$f(x)$, $\mathrm{f}(x)$
Сложная функция f и g: $g \circ f(x) = g(f(x))$	$g \circ f$
Предел функции $f(x)$	$\lim\limits_{x \to a} f(x)$, $\lim_{x \to a} f(x)$
Производная функции f	$\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x}$, $\mathrm{d}f/\mathrm{d}x$, f'
Частная производная функции f	$\frac{\partial f}{\partial x}$, $\partial f/\partial x$, $\partial_x f$, $f_x^{\bullet}$
Полный дифференциал функции f: $\mathrm{d}f(x, y) = (\partial f/\partial x)_y \, \mathrm{d}x + (\partial f/\partial y)_x \, \mathrm{d}y$	$\mathrm{d}f$
Вариация функции f	δf
Дельта-функция Дирака: $\delta(\mathbf{r}) = \delta(x)\,\delta(y)\,\delta(z)$	$\delta(x)$, $\delta(\mathbf{r})$
Дельта-символ Кронекера	δ_{ij}
Единичная функция: $\varepsilon(t) = 1$ $(t > 0)$, $\varepsilon(t) = 0$ $(t < 0)$	$\varepsilon(t)$
Сигнум-функция от a: $\operatorname{sgn} a = a/\lvert a \rvert$ $(a \neq 0)$	$\operatorname{sgn} a$
Наибольшее целое число, меньшее или равное a $(\leqslant a)$	$\operatorname{ent} a$

8.3. Тригонометрические и гиперболические функции

Функция «синус x»	$\sin x$
Функция «косинус x»	$\cos x$
Функция «тангенс x»	$\tan x$, $\operatorname{tg} x$
Функция «котангенс x»	$\cot x$, $\operatorname{ctg} x$
Функция «секанс x»	$\sec x$
Функция «косеканс x»	$\operatorname{cosec} x$

Для обозначения *обратных тригонометрических функций* рекомендуется использовать буквенную приставку arc перед соответствующим символом тригонометрической функции.

Примеры: $\arcsin x$, $\arccos x$, $\arctan x$ и т. д.

Для обозначения *гиперболических функций* рекомендуется использовать соответствующий символ тригонометрической функции, за которым пишется буква h.

Примеры: $\sinh x$, $\cosh x$, $\tanh x$ и т. д.

Для обозначения обратных *гиперболических функций* рекомендуется использовать буквенную приставку ar перед соответствующим символом гиперболической функции.

Примеры: $\operatorname{arsinh} x$, $\operatorname{arcosh} x$ и т. д.

8.4. Комплексные величины

Мнимая единица $(\mathrm{i}^2 = -1)$	i, j
Действительная часть комплексного числа z	$\operatorname{Re} z$, z'
Мнимая часть комплексного числа z	$\operatorname{Im} z$, z''
Модуль комплексного числа z	$\lvert z \rvert$
Фаза, аргумент комплексного числа z: $z = \lvert z \rvert \exp \mathrm{i}\varphi$	$\arg z$, φ
Комплексно сопряженное число для z, сопряженное число для z	z^*

Замечание. Иногда для обозначения комплексно сопряженного для z числа используют символ $\bar{z}$.

8.5. Обозначения характерных значений периодических величин

В табл. III приведены некоторые характерные значения периодических величин.

Таблица III

	Случай А *)	Случай В *)
Мгновенное значение	x	x
Среднеквадратичное значение **)	$\tilde{x}$	X
Максимальное значение ***)	$\hat{x}$	$\hat{x}$, $\hat{X}$
Среднее значение ****)	$\bar{x}$, $\langle x\rangle$	$\bar{x}$, $\langle x\rangle$

*) «А» соответствует случаю, когда для обозначения величин можно использовать либо только строчные буквы, либо только прописные буквы. «В» соответствует случаю, когда для обозначения одной и той же величины можно использовать как строчную, так и прописную букву.

**) Среднеквадратичное значение определяется здесь следующим образом:

$$\tilde{x}=\left(T^{-1}\int\limits_0^T [x(t)]^2\,\mathrm{d}t\right)^{1/2};$$

кроме того, используются также символы x_{rms} и x_{eff}.

***) Минимальное значение величины x можно обозначить через $x_{\min}$ или $\check{x}$.

****) Среднее значение определяется здесь следующим образом:

$$\bar{x}=T^{-1}\int\limits_0^T x(t)\,\mathrm{d}t$$

8.6. Векторное исчисление *)

Векторная величина	$\mathbf{a}$, $\mathbf{A}$
Модуль вектора	$\lvert\mathbf{A}\rvert$, A
Единичный вектор: $\mathbf{a}/\lvert\mathbf{a}\rvert$	$\mathbf{e}_a$
Единичные векторы	$\mathbf{e}_x$, $\mathbf{e}_y$, $\mathbf{e}_z$, $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$, $\mathbf{k}$ **)
Скалярное произведение векторов **a** и **b**	$\mathbf{a}\cdot\mathbf{b}$
Векторное произведение векторов **a** и **b**	$\mathbf{a}\times\mathbf{b}$, $\mathbf{a}\wedge\mathbf{b}$
Диада, образованная произведением векторов **a** и **b**	$\mathbf{ab}$
Векторный дифференциальный оператор, набла	$\partial/\partial\mathbf{r}$, ∇
Градиент скаляра φ	$\mathrm{grad}\,\varphi$, $\nabla\varphi$
Дивергенция вектора **A**	$\mathrm{div}\,\mathbf{A}$, $\nabla\cdot\mathbf{A}$
Ротор вектора **A**	$\mathrm{curl}\,\mathbf{A}$, $\mathrm{rot}\,\mathbf{A}$, $\nabla\times\mathbf{A}$
Произведение лапласиана на скаляр φ	$\Delta\varphi$, $\nabla^2\varphi$
Произведение даламбертиана на скаляр φ	$\Box\varphi$
Тензор второго порядка	A

*) См. также п. 3 раздела 1.2 и п. 2 раздела 1.3.

**) Используются также символы 1_x, 1_y, 1_z.

Скалярное произведение тензоров S и T: $(\sum\limits_{i,k} S_{ik}T_{ki})$	$\mathsf{S} : \mathsf{T}$
Тензорное произведение тензоров S и T: $(\sum\limits_{k} S_{ik}T_{kl})$	$\mathsf{S} \cdot \mathsf{T}$
Произведение тензора S на вектор $\mathbf{A}$: $(\sum\limits_{k} S_{ik}A_{k})$	$\mathsf{S} \cdot \mathbf{A}$

8.7. Матричное исчисление

Матрица	A $\begin{pmatrix} a_{11} & \ldots\ldots & a_{1n} \\ \vdots & & \\ a_{m1} & \ldots\ldots & a_{mn} \end{pmatrix}$
Произведение матриц A и B	AB
Матрица, обратная к A	A^{-1}
Единичная матрица	E, I
Матрица, транспонированная к A: $\tilde{A}_{ij} = A_{ji}$	$\tilde{A}$
Матрица, комплексно сопряженная к A: $A^*_{ij} = (A_{ij})^*$	A^*
Матрица, эрмитово сопряженная к A: $A^+_{ij} = A^*_{ji}$	A^+
Определитель матрицы A	$\det A$
След матрицы A	$\mathrm{Tr}\, A$
Матрицы Паули:	$\boldsymbol{\sigma}$
$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $\sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -\mathrm{i} \\ \mathrm{i} & 0 \end{pmatrix}$, $\sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -0 \end{pmatrix}$	σ_x, σ_y, σ_z σ_1, σ_2, σ_3
Единичная матрица: $I = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	I
(4×4)-матрицы Дирака *):	$\boldsymbol{\alpha}$ α
$\alpha_x = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_x \\ \sigma_x & 0 \end{pmatrix}$, $\alpha_y = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_y \\ \sigma_y & 0 \end{pmatrix}$, $\alpha_z = \begin{pmatrix} 0 & \sigma_z \\ \sigma_z & 0 \end{pmatrix}$,	α_x, α_y, α_z
$\beta = \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & -I \end{pmatrix}$	β

8.8. Теория множеств

Знак «является элементом множества»: $x \in A$	$\in$
Знак «не является элементом множества»: $x \notin A$	$\notin$
Знак «множество содержит элемент»: $A \ni x$	$\ni$
Множество элементов	$\{a_1, a_2, \ldots\}$
Множество рациональных чисел	Z
Множество вещественных чисел	Q
Множество комплексных чисел	R
Множество элементов в A. для которых $p(x)$ является истинной	C
Знак «содержится в качестве подмножества»: $B \subseteq A$	$\{x \in A \mid p(x)\}$
Знак «содержит»: $A \subseteq B$	$\subseteq$ $(\subset)$
Знак «содержит»: $A \supseteq B$	$\supseteq$ $(\supset)$
Знак «собственно содержится в»	$\subset$ $(\subsetneq)$
Знак «содержит собственно»	$\supset$ $(\supsetneq)$

*) Иногда используются другие представления дираковских матриц.

Знак «объединение»: $A \cup B = \{x \mid x \in A$ или $x \in B\}$	$\cup$
Знак «пересечение»: $A \cap B = \{x \mid x \in A$ и $x \in B\}$	$\cap$
Знак «разность»: $A \setminus B = \{x \mid x \in A$ и $x \notin B\}$	$\setminus$
Знак «дополнение»: $CA = \{x \mid x \notin A\}$	C

8.9. Символическая логика

Конъюнкция: $p \wedge q$ означает «p и q»	$\wedge$
Дизъюнкция: $p \vee q$ означает «p или q или оба элемента вместе»	$\vee$
Отрицание	$\neg$
Импликация	$\Rightarrow$
Эквивалентность, биимпликация	$\Leftrightarrow$
Квантор общности	$\forall$
Квантор существования	$\exists$

9. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ

9.1. Системы единиц

В системе физических величин и связывающих их уравнений выбирают определенное число величин, *по соглашению* считающихся обладающими независимой размерностью, которые образуют набор *основных величин* для всей системы в целом. В терминах основных величин можно определить все другие величины как *производные* и выразить их с помощью алгебраических соотношений через степени основных величин.

Согласованная система единиц измерения строится на основе выбранного множества основных единиц, достаточно хорошо определенных через наблюдаемые физические явления. В этой системе все *производные единицы* выражаются с помощью алгебраических соотношений в виде произведений различных степеней основных единиц. При этом сохраняется аналогия с соответствующими физическими величинами, но опускаются численные множители.

Выражение какой-либо величины в виде произведения степеней основных величин (если отвлечься от их векторного или тензорного характера и всех численных факторов, включая знак) носит название *размерного произведения* или просто *размерности* величины по отношению к выбранному множеству основных величин или основных размерностей. Показатели степеней, в которые возводятся различные основные величины или размерности, получили название *показателей размерности*.

Физические величины, в размерных произведениях которых фигурируют лишь равные нулю показатели размерности, получили наименование *безразмерных величин* или *величин с размерностью* 1.

Число основных единиц измерения в системе единиц, согласованной по отношению к данной системе физических величин и определяющих уравнений, оказывается равным аналогичному показателю для соответствующего множества основных величин. Сами основные единицы измерения представляют собой хорошо определенные выборки основных величин: основная величина и соответствующая основная единица измерения обладают одинаковой размерностью.

Производная единица измерения, т. е. единица измерения для производной величины согласованной системы единиц, представляет собой произведение различных степеней основных единиц. При этом показатели степеней оказываются совпадающими с теми, что входят в произведение степеней основных величин в алгебраическом выражении для рассматриваемой производной величины, но опускаются численные множители. Производные единицы измерения и их символы выражаются алгебраически через основные единицы и их символы с помощью математических знаков умножения и деления. Некоторые из этих алгебраических выражений для производных единиц измерения можно заменить на специально выбранные символы, которые в свою очередь могут использоваться для образования других производных единиц и комбинаций символов (см. п. 9.2 и 9.3).

Значения безразмерных величин, таких, например, как относительная плотность, относительная магнитная проницаемость или показатель преломления, представляют собой чистые числа. Соответствующая единица измерения, являющаяся отношением единицы к самой себе, может быть названа *безразмерной единицей измерения* в согласованной системе единиц и может считаться равной числу 1.

9.2. Международная система единиц (СИ)

Название «Международная система единиц» с принятым повсеместно сокращением SI (СИ) было одобрено решением Генеральной конференции по мерам и весам (CGPM) в 1960 г. Эта система основана на семи основных единицах измерения (CGPM в 1960 г. и 1971 г.), перечисленных в табл. IV.

Таблица IV

Основные единицы измерения в СИ

Основная величина	Основная единица измерения в СИ	
	Наименование	Символ
Длина	Метр	м
Масса	Килограмм	кг
Время	Секунда	с
Электрический ток	Ампер	А
Термодинамическая температура	Кельвин	К
Количество вещества	Моль	моль
Сила света	Кандела	кд

Основные единицы измерения в СИ были определены на CGPM следующим образом:

1) Метр — единица длины, на которой укладываются 1 650 763,73 длины волны в вакууме спектральной линии, соответствующей переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ изотопа криптона ^{86}Kr (11-я CGPM (1960 г.), резолюция 6).

2) Килограмм — единица массы, равная массе международного прототипа килограмма (1-я CGPM (1889 г.) и 3-я CGPM (1901 г.), декларации).

3) Секунда — единица времени, равная продолжительности 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия ^{133}Cs (13-я CGPM (1967 г.), резолюция 1).

4) Ампер — единица силы тока, равная силе неизменяющегося тока, 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 (9-я CGPM (1948 г.), резолюции 2 и 7).

5) кельвин — единица термодинамической температуры, равная 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды (13-я CGPM (1967 г.), резолюция 4).

На 13-й CGPM (1967 г., резолюция 3) было принято решение о том, что единицу кельвин и ее символ К следует использовать для характеристики интервала или разности температур.

Замечание. В дополнение к термодинамической температуре (символ T), выражаемой в кельвинах, используется также температура по шкале Цельсия (символ t), определенная уравнением

$$t = T - T_0,$$

где по определению $T_0 = 273.15$ К. Температура по шкале Цельсия выражается в градусах Цельсия (символ °C). Единица «градус Цельсия» равна единице «кельвин», а интервал или разность температур по шкале Цельсия можно выразить также в градусах Цельсия.

6) Моль — единица количества вещества, равная такому его количеству, в котором содержится столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в 0,012 кг изотопа углерода ^{12}C. При использовании в качестве единицы измерения моля необходимо раскрыть характер структурных элементов, будь то атомы, молекулы, ионы, электроны, другие частицы или установленные группы таких частиц. Моль отнесен к разряду основных единиц измерения в СИ (14-я CGPM (1971 г.), резолюция 3).

7) Кандела — единица силы света, равная силе света, испускаемого с поверхности площадью 1/600 000 $м^2$ в перпендикулярном направлении черным телом при температуре затвердевания платины и давлении 101 325 $Н/м^2$ (13-я CGPM (1967 г.), резолюция 5).

Основанные на приведенных выше единицах измерения согласованные единицы получили название «единиц СИ». В следующей ниже табл. V приведены производные единицы СИ с указанием их наименований и символов.

Хотя можно было бы предположить, что единицы СИ должны представлять собой лишь основные или производные единицы измерения, на 11-й Генеральной конференции по мерам и весам (1960 г.) был установлен третий класс единиц СИ, названных *дополнительными единицами*. По поводу этих единиц конференция отказалась констатировать, относятся ли они к основным или производным единицам. К классу дополнительных единиц измерения принадлежат только радиан (как единица СИ для измерения плоского угла) и стерадиан (как единица СИ для измерения телесного угла); эти единицы можно рассматривать либо как основные, либо как производные.

В физике радиан и стерадиан относят, вообще говоря, к классу производных единиц измерения (см. табл. V). В некоторых специальных областях физики, например, при исследовании электромагнитной природы излучения или процессов рассеяния частиц, стерадиан иногда *формально* относят к основным единицам измерения. В этом случае символ ср *нельзя* заменить числом 1.

Использование единиц СИ и десятичных кратных и дольных единиц, образованных с помощью приставок и множителей (см. п. 1 раздела 2.2, табл. I), было настоятельно рекомендовано для широкого внедрения.

Замечание. Среди основных единиц измерения СИ единица массы является единственной, в наименовании которой по историческим причинам содержится приставка. Наименования десятичных кратных и дольных единиц измерения массы в СИ получаются в результате присоединения приставок к слову «грамм» (Международный комитет по мерам и весам (CIPM), 1967 г., рекомендация 2).

Таблица V

Производные единицы СИ и их наименование

Величина	Производная единица СИ			
	Наименование	Символ	Выражение через основные единицы	Выражение через другие единицы СИ
Плоский угол	Радиан	рад	$м \cdot м^{-1}$	
Телесный угол	Стерадиан	ср	$м^2 м^{-2}$	
Частота	Герц	Гц	$с^{-1}$	
Сила	Ньютон	Н	$м \cdot кг \cdot с^{-2}$	Дж/м
Давление	Паскаль	Па	$м^{-1} кг \cdot с^{-2}$	$Н/м^2$
Энергия, работа, количество тепла	Джоуль	Дж	$м^2 кг \cdot с^{-2}$	$Н \cdot м$
Мощность, поток излучения	Ватт	Вт	$м^2 кг \cdot с^{-3}$	Дж/с
Количество электричества, электрический заряд	Кулон	Кл	$с \cdot А$	$А \cdot с$
Электрический потенциал, разность потенциалов, электродвижущая сила	Вольт	В	$м^2 кг \cdot с^{-3} А^{-1}$	Вт/А
Емкость	Фарада	Ф	$м^{-2} кг^{-1} с^4 А^2$	Кл/В
Электрическое сопротивление	Ом	Ом	$м^2 кг \cdot с^{-3} А^{-2}$	В/А
Электрическая проводимость	Сименс	См	$м^{-2} кг^{-1} с^3 А^2$	А В
Магнитный поток	Вебер	Вб	$м^2 кг \cdot с^{-2} А^{-1}$	$В \cdot с$
Плотность магнитного потока	Тесла	Т	$кг \cdot с^{-2} А^{-1}$	Вб/м
Индуктивность	Генри	Г	$м^2 кг \cdot с^{-2} А^{-2}$	Вб/А
Световой поток	Люмен	лм		$кд \cdot ср$
Освещенность	Люкс	лк		$м^{-2} кд \cdot ср$
Активность радиоактивного источника	Беккерель	Бк	s^{-1}	
Поглощенная доза излучения	Грей	Гй	$м^2 с^{-2}$	Дж/кг

В различных областях науки и техники используются некоторые *подсистемы* единиц измерения, содержащихся в СИ. Наибольшее значение имеют две подсистемы:

а) *Система единиц метр — килограмм — секунда* (МКС):

Система единиц МКС представляет собой согласованную систему единиц для механики и основана на трех основных единицах измерения: метр, килограмм и секунда для трех основных величин: длина, масса и время.

б) *Система единиц метр — килограмм — секунда — ампер* (МКСА):

Система единиц МКСА представляет собой согласованную систему единиц для механики, электричества и магнетизма и основана на четырех основных единицах измерения: метр, килограмм, секунда и ампер для четырех основных величин: длина, масса, время и сила электрического тока. Международная электротехническая комиссия в 1935 г. установила для этой системы единиц специальное название системы «*Джорджи*» («Giorgi System»).

9.3. Система единиц сантиметр — грамм — секунда (СГС)

В табл. VI приведен перечень трех основных единиц измерения, на которых основана согласованная система единиц СГС.

В табл. VII приведены *производные единицы СГС с указанием их наименований и символов.*

Таблица VI

Основные единицы системы СГС

Основная величина	Основная единица	
	Наименование	Символ
Длина	Сантиметр	см
Масса	Грамм	г
Время	Секунда	с

Таблица VII

Производные единицы системы СГС и их наименование

Величина	Производная единица системы СГС		
	Наименование	Символ	Выражение через основные единицы
Сила	Дина	дин	$см \cdot г \cdot с^{-2}$
Энергия	Эрг	эрг	$см^2 г \cdot с^{-2}$
Вязкость	Пуаз	П	$см^{-1} г \cdot с^{-1}$
Кинематическая вязкость	Стокс	Ст	$см^2 с^{-1}$
Ускорение свободного падения	Гал	Гал	$см \cdot с^{-2}$

Система единиц СГС, расширенная за счет кельвина (К), как единицы термодинамической температуры (см. п. 9.2) и моля (моль), как единицы количества вещества (см. п. 9.2) или канделы (кд), как единицы силы света (см. п. 9.2), используется также в *механике* и, соответственно, в *термодинамике* или *фотометрии*.

В следующей ниже табл. VIII приведен перечень *производных единиц* системы СГС (основанных на единицах см, г, с и кд, а также включая единицу ср, см. п. 9.2), употребляемых в *фотометрии*, с указанием их наименований и символов.

Таблица VIII

Производные единицы системы СГС, употребляемые в фотометрии

Величина	Производная единица		
	Наименование	Символ	Выражение через основные единицы
Яркость	Стильб	сб	$см^{-2} кд$
Освещенность	Фот	ф	$см^{-2} кд \cdot ср$

Для проведения *электрических* и *магнитных* измерений было разработано несколько вариантов системы единиц СГС, используемых вместе с системами «электрических» и «магнитных» величин и уравнениями, основанными на трех основных величинах. Соответствующая информация о таких трехразмерных системах уравнений, физических величин и единиц измерения в области электричества и магнетизма собрана в Приложении I «Системы физических величин и единиц измерения в электричестве и магнетизме».

Упомянутый выше Международный комитет по мерам и весам (CIPM) выразил свою точку зрения на то, что, вообще говоря, не рекомендуется использовать наряду с единицами измерения СИ и их десятичными кратными и дольными единицами, образованными с помощью приставок (см. табл. I п. 1 раздела 2.2), также производные единицы системы СГС, имеющие специальные наименования (см. табл. VII, VIII и табл. XIII Приложения I). Цель этих рекомендаций заключается в том, чтобы добиться большей степени информативности и, следовательно, лучшего понимания в вопросах использования единиц измерения физических величин.

Тем не менее комитет CIPM признал иногда возможным употребление в некоторых специальных областях научных исследований, в частности, в теоретической физике, других систем единиц или просто других единиц измерения, например, единиц системы СГС. При этом, однако, не рекомендуется использовать их наряду с единицами измерения СИ, носящими специальные наименования.

9.4. Прочие единицы измерения, представляющие интерес для физики и не содержащиеся в системах СИ и СГС

Рассматриваемые единицы группируются по трем категориям:

1. *Единицы измерения плоского угла и времени, определенные в рамках СИ, и некоторые другие единицы СИ, имеющие специальные наименования и символы для десятичных кратных и дольных единиц, образованных с помощью приставок* (см. п. 1 раздела 2.2).

Комитет CIPM (1969 г.) признал, что пользователи единицами измерения СИ будут привлекать также определенный набор важных и широко распространенных единиц измерения из других систем. В табл. IX приведены некоторые из таких единиц (с указанием их наименований и символов), которые рекомендуется использовать в комбинации с единицами СИ. Что касается возможности образования новых составных единиц с помощью указанных двух групп единиц, то разрешено это делать лишь в исключительных случаях.

Не рекомендуется образовывать десятичные кратные и дольные единицы от собранных в табл. IX единиц измерения времени с помощью приставок, фигурирующих в табл. I. Сказанное справедливо и в отношении символов, помещаемых в виде верхнего индекса величины, как, например, °, ′ и ″, служащих для определения единиц измерения углов.

Таблица IX

Величина	Единица измерения		
	Наименование	Символ	Определение
Плоский угол	Градус	°	$1° = (\pi/180)$ рад
	(Угловая) минута	′	$1' = (1/60)° = (\pi/10800)$ рад
	(Угловая) секунда	″	$1'' = (1/60)' = (\pi/648000)$ рад
Время *)	Минута	мин	1 мин = 60 с
	Час	ч	1 ч = 60 мин = 3600 с
	День	сут	1 сут = 24 ч = 86400 с
Объем	Литр	л	1 л = 1 дм^3 = 10^{-3} м^3
Масса	Тонна	т	1 т = 1 Мг = 10^3 кг

*) Общее обозначение единицы измерения времени «год», не зависящее от ее специального определения, есть *a*.

2. *Единицы измерения массы и энергии, чьи численные значения в СИ находят из эксперимента и поэтому точно не известны.*

В табл. X приведены также единицы, которые широко используются для решения специальных проблем и также рекомендованы комитетом CIPM (1969 г.) для применения с единицами СИ.

Таблица X

Величина	Единица измерения		
	Наименование	Символ	Определение
Масса	(Единая) атомная единица массы	а.е.м.	1 а.е.м. $=10^{-3} N_A^{-1}$ кг·моль$^{-1}$ *)
Энергия	Электрон-вольт	эВ	1 эВ = (е/Кл) Дж *)

*) Значения постоянной Авогадро N_A, моль$^{-1}$ и элементарного заряда e, Кл приведены в Приложении II «Фундаментальные физические постоянные».

3. *Некоторые единицы измерения для величин, не вошедших в табл. IX, которые определены как единицы, кратные соответствующим единицам СИ с коэффициентом пропорциональности в виде точного числа.*

В табл. XI собраны указанные единицы измерения. Исходя из накопленного опыта комиссия CIPM (1969 г.) рекомендовала к совместному

Таблица XI

Величина	Единица измерения		
	Наименование	Символ	Определение
Длина	Ангстрем	Å	1Å$=10^{-10}$ м
	Ферми (fm) *)	Ф (fm)	1Ф$=10^{-15}$ м
Площадь	Барн	барн	1 барн $=100$ Ф$^2=10^{-28}$ м^2
Давление	Бар	бар	1 бар $=10^5$ Па
	Нормальная атмосфера	атм	1 атм $=101\ 325$ Па **)
	Миллиметр ртутного столба (Торр)	мм рт.ст. (Торр)	1 Торр $=\dfrac{101\ 325}{760}$ Па
Количество тепла	Калория	кал	1 кал$_{IT}=4{,}1868$ Дж ***) 1 кал$_{th}=4{,}184$ Дж ***)
Активность радиоактивного источника	Кюри	Ки	1 Ки $=3{,}7\cdot10^{10}$ с$^{-1}$
Экспозиционная доля рентгеновских (X) или гамма лучей (γ)	Рентген	Р	1 Р $=2{,}58\cdot10^{-4}$ Кл/кг
Поглощенная доза излучения	Рад	рад	1 рад $=10^2$ Дж/кг

*) fm — правильный символ фемтометра; 1 fm$=10^{-15}$ m (см. табл. I в п. 1 раздела 2.2).
**) Указанное значение давления используется в качестве эталона давления.
***) Эти величины соответствуют определению калории по так называемой «Международной таблице» и как «термохимической калории».

использованию с единицами СИ не все единицы, включенные в табл. XI. Следует избегать употребления таких единиц, как ферми, мм ртутного столба и калория и заменять их либо соответствующими единицами СИ, либо их десятичными кратными и дольными единицами, образованными с помощью приставок.

Те из приведенных в табл. XI единиц, которые в данное время рекомендованы к использованию с единицами СИ, могут в будущем выйти из употребления.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ И МАГНЕТИЗМЕ *)

Система единиц СГС с ее тремя основными единицами измерения: сантиметр, грамм, секунда и система единиц МКСА (являющаяся подсистемой для СИ; см. рекомендацию в п. 9.2) с ее четырьмя основными единицами: метр, килограмм, секунда, ампер характеризуют две различные системы уравнений в теории электричества и магнетизма, которые соответственно строятся на основе трех и четырех основных величин. Указанные системы получили название трех- и четырехразмерных систем уравнений.

1. Системы уравнений с тремя основными величинами

В теории электричества и магнетизма различают три различные системы уравнений, связывающих три основные величины: *длину*, *время* и *массу*. Эти системы имеют следующий вид:

1. а) «*Электростатическая система*» *уравнений* основана на определении электрического заряда в качестве производной физической величины с помощью закона Кулона для силы, действующей между двумя зарядами, и, кроме того, рассматривает диэлектрическую постоянную в качестве безразмерной величины (относительная диэлектрическая постоянная), значение которой в вакууме равно единице. Как следствие этого, в некоторых уравнениях, связывающих указанные величины, появляется в явном виде корень квадратный из скорости света в вакууме.

1. б) «*Электромагнитная система*» *уравнений* основана на определении электрического тока в качестве производной физической величины с помощью закона Ампера для силы, действующей между двумя элементами с током, и, кроме того, рассматривает магнитную проницаемость в качестве безразмерной величины (относительная магнитная проницаемость), значение которой в вакууме равно единице. Как следствие этого, в некоторых уравнениях, связывающих указанные величины, появляется в явном виде корень квадратный из скорости света в вакууме.

1. в) «*Симметричная система*» *уравнений* основана на использовании электрических величин (включая электрический ток) согласно системе 1.а), а магнитных величин — согласно системе 1.б). В результате комбинации двух систем величин в некоторых уравнениях, связывающих электрические и магнитные величины, появляется в явном виде скорость света в вакууме.

Уравнения в трех отмеченных выше системах записываются обычно в «нерационализированной» форме, т. е. множители 2π и 4π часто появ-

*) После описания в предыдущих разделах всех рекомендаций относительно обозначений, единиц измерения и терминологии в физике, утвержденных I.U.P.A.P., Комиссия обозначений, единиц измерения и терминологии (S.U.N.) представила в данном приложении имеющуюся информацию относительно существующих систем физических величин и единиц измерения в области электричества и магнетизма.

ляются в них в случаях, когда отсутствует круговая или сферическая симметрия. Эти же уравнения иногда записывают в «рационализированной» форме, когда отмеченные выше множители появляются лишь в тех уравнениях, в которых их следует ожидать из геометрических соображений.

В основе рассмотренного подхода, когда рационализация связывается с записью уравнений между физическими величинами, лежит резолюция, принятая I.U.P.A.P. в 1951 г. в Копенгагене:

«Генеральная Ассамблея международного союза физиков считает, что в случае рационализации системы уравнений эта процедура должна выполняться путем введения новых величин».

При использовании трехразмерных уравнений на практике (например, в теоретической физике) обычно останавливаются на *нерационализированной трехразмерной симметричной системе*, называемой кратко *гауссовой системой*.

2. Системы уравнений с четырьмя основными величинами

В уравнениях с четырьмя основными величинами по крайней мере одна величина должна иметь электрическую природу и быть включена в набор основных величин. В данном случае речь пойдет о наборе величин: длина, время, масса и электрический ток. В этой системе магнитная проницаемость μ и диэлектрическая проницаемость ε в явном виде появляются в качестве размерных физических величин. Магнитная проницаемость вакуума (магнитная постоянная) μ_0 и диэлектрическая проницаемость вакуума (электрическая постоянная) $\varepsilon_0 = (c^2/\mu_0)^{1/2}$ оказываются здесь равными: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м (точно) и $\varepsilon_0 = (4\pi\zeta^2)^{-1} \cdot 10^{11}$ Ф/м $= (8{,}854\ 187\ 82 \pm 7) \cdot 10^{-12}$ Ф/м, где $\zeta = (299\ 792\ 458 \pm 1) \cdot 10^2$ — численное значение скорости света в вакууме c, измеряемой в единицах см/с (см. Приложение II «Фундаментальные физические постоянные»).

При использовании четырехразмерных уравнений на практике их обычно записывают в *рационализированной форме. Особенно рекомендуется использовать эту систему уравнений и величин совместно с единицами измерения СИ и их кратными и дольными единицами*, *образованными с помощью перечисленных в таблице* I *приставок* (см. п. 1 раздела 2.2).

3. Связь между величинами в различных системах уравнений

В следующей ниже табл. XII приведены некоторые характеристические уравнения между величинами, относящиеся к нерационализированной трехразмерной симметричной системе (гауссовой системе) 1.в), и соответствующие четырехразмерные уравнения, представленные в рационализированной форме. Гауссовы величины, определенные через трехразмерную нерационализированную симметричную систему уравнений 1.в), отмечены здесь звездочкой «*» *) в том случае, если они отличаются от соответствующих величин в системе рационализированных четырехразмерных уравнений. В третьем столбце таблицы приведены некоторые соотношения между трехразмерными гауссовыми величинами X^* и соответствующими четырехразмерными величинами X.

---

*) Для того чтобы отличить гауссовы величины от соответствующих четырехразмерных величин, можно использовать вместо звездочки на месте верхнего правого индекса нижний индекс s («симметричный»).

Таблица XII

(Нерационализированная симметричная) гауссова система с тремя основными величинами (1.в)	(Рационализированная) система с четырьмя основными величинами	Соотношение между величиной X^* и соответствующей величиной X
$c\,\mathrm{rot}\,\mathbf{E}^* = -\partial\mathbf{B}^*/\partial t$	$\mathrm{rot}\,\mathbf{E} = -\partial\mathbf{B}/\partial t$	$E^*/E = (4\pi\varepsilon_0)^{1/2}$
$\mathrm{div}\,\mathbf{D}^* = 4\pi\rho^*$	$\mathrm{div}\,\mathbf{D} = \rho$	$D^*/D = (4\pi/\varepsilon_0)^{1/2}$
$\mathrm{div}\,\mathbf{B}^* = 0$	$\mathrm{div}\,\mathbf{B} = 0$	$B^*/B = (4\pi/\mu_0)^{1/2}$
$c\,\mathrm{rot}\,\mathbf{H}^* = 4\pi\mathbf{j}^* + \partial\mathbf{D}^*/\partial t$	$\mathrm{rot}\,\mathbf{H} = \mathbf{j} + \partial\mathbf{D}/\partial t$	$H^*/H = (4\pi\mu_0)^{1/2}$
$\mathbf{F} = Q^*\mathbf{E}^* + Q^*\mathbf{v}\times\mathbf{B}^*/c$	$\mathbf{F} = Q\mathbf{E} + Q\mathbf{v}\times\mathbf{B}$	$Q^*/Q = (4\pi\varepsilon_0)^{-1/2}$
$w = (\mathbf{E}^*\cdot\mathbf{D}^* + \mathbf{B}^*\cdot\mathbf{H}^*)/8\pi$	$w = (\mathbf{E}\cdot\mathbf{D} + \mathbf{B}\cdot\mathbf{H})/2$	$\rho^*/\rho = (4\pi\varepsilon_0)^{-1/2}$
$\mathbf{S} = c\,(\mathbf{E}^*\times\mathbf{H}^*)/4\pi$	$\mathbf{S} = \mathbf{E}\times\mathbf{H}$	$j^*/j = (4\pi\varepsilon_0)^{-1/2}$
$\mathbf{E}^* = -\mathrm{grad}\,V^* - (1/c)\,\partial\mathbf{A}^*/\partial t$	$\mathbf{E} = -\mathrm{grad}\,V - \partial\mathbf{A}/\partial t$	$I^*/I = (4\pi\varepsilon_0)^{-1/2}$
$\mathbf{B}^* = \mathrm{rot}\,\mathbf{A}^*$	$\mathbf{B} = \mathrm{rot}\,\mathbf{A}$	$V^*/V = (4\pi\varepsilon_0)^{1/2}$
$\varepsilon_r\mathbf{E}^* = \mathbf{D}^*$	$\varepsilon_0\varepsilon_r\mathbf{E} = \varepsilon\mathbf{E} = \mathbf{D}$	$A^*/A = (4\pi/\mu_0)^{1/2}$
$\mathbf{E}^* = \mathbf{D}^* - 4\pi\mathbf{P}^*$	$\varepsilon_0\mathbf{E} = \mathbf{D} - \mathbf{P}$	$P^*/P = (4\pi\varepsilon_0)^{1/2}$
$\mathbf{B}^* = \mu_r\mathbf{H}^*$	$\mathbf{B} = \mu\mathbf{H} = \mu_0\mu_r\mathbf{H}$	$M^*/M = (4\pi/\mu_0)^{-1/2}$
$\mathbf{B}^* = \mathbf{H}^* + 4\pi\mathbf{M}^*$	$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M})$	$R^*/R = 4\pi\varepsilon_0$
$a_0 = \hbar^2/me^{*2}$	$a_0 = \hbar^2 4\pi\varepsilon_0/me^2$	$\sigma^*/\sigma = (4\pi\varepsilon_0)^{-1}$
$hcR_\infty = e^{*2}/2a_0$	$hcR_\infty = e^2/8\pi\varepsilon_0 a_0$	$C^*/C = (4\pi\varepsilon_0)^{-1}$
$\mu_B^* = e^*\hbar/2mc$	$\mu_B = e\hbar/2m$	$L^*/L = 4\pi/\mu_0$
$\gamma^* = g(e^*/2mc)$	$\gamma = g\,(e/2m)$	$\chi_e^*/\chi_e = \chi_m^*/\chi_m = (4\pi)^{-1}$
$\omega_L = (e^2/2mc)\,B^* = \mu_B^* B^*/\hbar$	$\omega_L = (e/2m)\,B = \mu_B B/\hbar$	$e^*/e = (4\pi\varepsilon_0)^{-1/2}$
$\alpha = e^{*2}/\hbar c$	$\alpha = e^2/4\pi\varepsilon_0\hbar c$	$\mu_B^*/\mu_B = (4\pi/\mu_0)^{-1/2}$
$r_e = e^{*2}/mc^2$	$r_e = e^2/4\pi\varepsilon_0 mc^2$	$\gamma_p^*/\gamma_p = (4\pi/\mu_0)^{-1/2}$

4. Системы единиц СГС

4.а) *Система «электростатических» единиц* СГС (e.s.u.) образует согласованную систему единиц в комбинации с трехразмерной «электростатической системой» уравнений 1.а).

4.б) *Система «электромагнитных» единиц* СГС (e.m.u.) образует согласованную систему единиц в комбинации с трехразмерной «электромагнитной системой» уравнений 1.б).

4.в) *Система «смешанных» единиц* СГС, называемая *системой гауссовых* СГС *единиц* и состоящая, с одной стороны, из множества электрических единиц системы «электростатических» единиц СГС, а, с другой стороны,

Таблица XIII

Величина	Единица измерения	
	Наименование	Символ
H^*	Эрстед ($=$ см$^{-1/2}$г$^{1/2}$с$^{-1}$)	Э
B^*	Гаусс ($=$ см$^{-1/2}$г$^{1/2}$с$^{-1}$)	Гс* (Gs)
Φ^*	Максвелл ($=$ см$^{3/2}$г$^{1/2}$с$^{-1}$)	Мкс
F_m^*	Гильберт ($=$ см$^{-1/2}$г$^{1/2}$с$^{-1}$)	Гб

из множества магнитных единиц системы «электромагнитных» единиц СГС, также образует согласованную систему единиц в комбинации с трехразмерной системой или «гауссовой системой» уравнений 1.в).

В табл. XIII собраны наименования и символы для четырех магнитных (e.m.u.) или гауссовых СГС единиц измерения, отмеченных специальным образом.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ *)

Наименование и символ *)	Численное значение **)	Единица СИ (десятичная кратная)	Единицы других систем (десятичные кратные)
Гравитационная постоянная G	6,672 0 41	10^{-11} н·м^2 кг$^{-2}$	
Скорость света в вакууме c	2,997 924 58 1,2	10^{8} м·с$^{-1}$	
$1/c$	3,335 604 95 1,3	10^{-9} м$^{-1}$ с	
c^2	8,987 551 79 5,4	10^{16} м^2 с$^{-2}$	
$1/c^2$	1,112 650 056 7	10^{-17} м$^{-2}$ с^2	
Магнитная проницаемость вакуума	4π	10^{-7} Г·м$^{-1}$	
$\mu_0 = 1/\varepsilon_0 c^2$	1,256 637 06	10^{-6} Г·м$^{-1}$	
Диэлектрическая проницаемость вакуума $\varepsilon_0 = 1/\mu_0 c^2$	8,854 187 82 7	10^{-12} Ф·м$^{-1}$	
Масса покоя атома ^{1}H $m(^1\mathrm{H})$	1,673 559 8,5	10^{-27} кг	
	1,007 825 036 11		а.е.м.
Масса покоя протона m_p	1,672 648 5 8 6	10^{-27} кг	
	1,007 276 470 11		а.е.м.
Масса покоя нейтрона m_n	1,674 954 3 8 6	10^{-27} кг	
	1,008 665 012 37		а.е.м.

) С помощью звездочки «» отмечены символы величин, определенных в трехразмерной симметричной системе единиц (ср. п. 3 Приложения I).

**) Все указанные в таблице неопределенности соответствуют одному стандартному отклонению.

*) Новый согласованный перечень фундаментальных физических постоянных был рекомендован рабочей группой по фундаментальным константам при Комитете данных для науки и техники (CODATA) Международного совета научных организаций (ICSU) и опубликован в ее бюллетене: CODATA-Bulletin, Dec. 1973, No. 11 (см. перевод в УФН **1975**, т. **115**, с. 623). На ряд следующих лет эти значения должны служить в качестве стандартного исходного набора. Имеются существенные отличия приведенных постоянных от тех, что были рекомендованы ранее в 1963 г. Комитетом по фундаментальным постоянным при Национальной академии наук США — Национальном исследовательском центре. Одно из наиболее значительных изменений (увеличение на $88 \cdot 10^{-6}$) коснулось постоянной Планка.

Продолжение

Наименование и символ	Численное значение	Единица СИ (десятичная кратная)	Единицы других систем (десятичные кратные)
Масса покоя мюона m_μ	1,883 566 11	10^{-28} кг	
	1,134 292 0 2 6		10^{-1} а.е.м.
Масса покоя электрона m_e	9,109 534 47	10^{-31} кг	
	5,485 802 6 2 1		10^{-4} а.е.м.
Отношение масс протона и электрона m_p/m_e	1,836 151 52 70	10^3	
Отношение масс мюона и электрона m_μ/m_e	2,067 686 5 4 7	10^2	
Элементарный заряд e	1,602 189 2 4 6	10^{-19} Кл	
e^*	4,803 242 14		10^{-10} e.s.u.
e^*/c	1,602 189 2 4 6		10^{-20} e.m.u.
(Отрицательный) удельный заряд электрона e/m_e	1,758 804 7 4 9	10^{11} Кл·кг$^{-1}$	
e^*/m_e	5,272 764 15		10^{17} e.s.u.·г$^{-1}$
e^*/m_ec	1,785 804 7 4 9		10^7 e.m.u.·г$^{-1}$
Удельный заряд протона e/m_p	9,578 756 27	10^7 Кл·кг$^{-1}$	
e^*/m_p	2,871 639 8		10^{14} e.s.u.·г$^{-1}$
e^*/m_pc	9,578 756 27		10^3 e.m.u.·г$^{-1}$
Постоянная зеемановского расщепления $e/4\pi m_ec$	4,668 604 13	10 м$^{-1}$ Т$^{-1}$	
$e^*/4\pi m_ec^2$	4,668 604 13		10^{-5} см$^{-1}$ e.m.u.$^{-1}$
Постоянная Планка h	6,626 176 36	10^{-34} Дж·с	
$\hbar = h/2\pi$	1,054 588 7 5 7	10^{-34} Дж·с	
Квант циркуляции $h/2m_e$	3,636 945 5 6 0	10^{-4} Дж·с·кг$^{-1}$	
h/m_e	7,273 891 12	10^{-4} Дж·с·кг$^{-1}$	
Квант магнитного потока $\Phi_0 = h/2e$	2,067 850 6 5 4	10^{-15} Дж·с·Кл$^{-1}$	

Продолжение

Наименование и символ	Численное значение	Единица СИ (десятичная кратная)	Единицы других систем (десятичные кратные)
h/e	4,135 701 11	10^{-15} Дж·с·Кл$^{-1}$	
h/e^*	1,379 521 4		10^{-17} эрг·с·e.s.u.$^{-1}$
hc/e^*	4,135 701 11		10^{-7} эрг·с·e.m.u.$^{-1}$
Джозефсоновское отношение частоты к напряжению $2e/h$	4,835 939 13	10^{14} Гц·В$^{-1}$	
Первая радиационная постоянная $c_1 = 2\pi hc^2$	3,741 832 20	10^{-16} Вт·м^2	
$c_1/2\pi = hc^2$	5,995 310 32	10^{-17} Вт·м^2	
Вторая радиационная постоянная $c_2 = hc/k$	1,438 786 45	10^{-2} м·К	
$c_2/c = h/k$	4,799 27 15	10^{-11} с·К	
Постоянная Вина $b = \lambda_{max}T$	2,897 790 90	10^{-3} м·К	
Постоянная Стефана — Больцмана $\sigma = (\pi^2/60)\, k^4/h^3c^2$	5,670 32 71	10^{-8} Вт·м$^{-2}$ К$^{-4}$	
Постоянная тонкой структуры $\alpha = \mu_0 ce^2/2h$	7,297 350 6 6 0	10^{-3}	
α^2	5,325 132 6 6 2	10^{-5}	
α^{-1}	1,370 360 4 1 1	10^2	
Постоянная Ридберга $R_\infty = \mu_0{}^2 m_e e^4 c^3/8h^3$	1,097 373 177 83	10^7 м$^{-1}$	
$R_H = R_\infty/(1 + m_e/m_p)$	1,096 775 854 83	10^7 м$^{-1}$	
Ридберговская частота $R'_\infty = R_\infty c$	3,289 842 02 25	10^{15} Гц	
$R'_H = R_H c$	3,288 051 29 25	10^{15} Гц	
Радиус Бора $a_0 = \alpha/4\pi R_\infty$	5,291 770 6 4 4	10^{-11} м	
(Классический) радиус электрона $r_e = \alpha^2 a_0 = \alpha^3/4\pi R_\infty$	2,817 938 7	10^{-15} м	
Томсоновское сечение столкновения $(8\pi/3)\, r_e{}^2$	6,652 447 32	10^{-29} м^2	

Продолжение

Наименование и символ	Численное значение	Единица СИ (десятичная кратная)	Единицы других систем (десятичные кратные)
Магнетон Бора $\mu_B = e\hbar/2m_e$	9,274 078 36	10^{-24} Дж·T^{-1}	
$\mu_B^* = e^*\hbar/2m_e c$	9,274 078 36		10^{-21} эрг·e.m.u.$^{-1}$
Ядерный магнетон $\mu_N = e\hbar/2m_p$	5,050 824 20	10^{-27} Дж·T^{-1}	
$\mu_N^* = e^*\hbar/2m_p c$	5,050 824 20		10^{-24} эрг·e.m.u.$^{-1}$
Магнитный момент электрона μ_e	9,284 832 36	10^{-24} Дж·T^{-1}	
μ_e^*	9,284 832 36		10^{-21} эрг·e.m.u.$^{-1}$
Электронный g-фактор $\frac{1}{2} g_e = \mu_e/\mu_B = \mu_e^*/\mu_B^*$	1,001 159 656 7 3 5		
Магнитный момент протона $\mu_p = \gamma_p \hbar/2$	1,410 617 1 5 5	10^{-26} Дж·T^{-1}	
$\mu_p^* = \gamma_p^* \hbar/2$	1,410 617 1 5 5		10^{-23} эрг·e.m.u.$^{-1}$
Магнитный момент протона в ед. магнетонов Бора $\mu_p/\mu_B = \mu_p^*/\mu_B^*$	1,521 032 209 16	10^{-3}	
Магнитный момент протона в ед. ядерных магнетонов $\mu_p/\mu_N = \mu_p^*/\mu_N^*$	2,792 845 6 1 1		
Магнитный момент мюона μ_μ	4,490 474 18	10^{-26} Дж·T^{-1}	
μ_μ^*	4,490 474 18		10^{-23} эрг·e.m.u.$^{-1}$
Мюонный g—фактор $\frac{1}{2} g_\mu$	1,001 166 16 31		
Отношение магнитных моментов электрона и протона $\mu_e/\mu_p = \mu_e^*/\mu_p^*$	6,582 106 880 66	10^{2}	
Отношение магнитных моментов мюона и протона $\mu_\mu/\mu_p = \mu_\mu^*/\mu_p^*$	3,183 340 2 7 2		
Гиромагнитное отношение для протона γ_p	2,675 198 7 7 5	10^{8} c^{-1} T^{-1}	
γ_p^*	2,675 198 7 7 5		10^{4} c^{-1} e.m.u.$^{-1}$

Продолжение

Наименование и символ	Численное значение	Единица СИ (десятичная кратная)	Единицы других систем (десятичные кратные)
Фактор диамагнитного экранирования для сферического образца H_2O: $1+\sigma\,(H_2O)$	1,000 025 637 67		
Гиромагнитное отношение для протона (не исправленное) γ'_p	2,675 130 1 7 5	10^8 $с^{-1}$ $Т^{-1}$	
$\gamma'_p/2\pi$	4,257 602 12	10^7 $с^{-1}$ $Т^{-1}$	
γ'^*_p	2,675 130 1 7 5		10^4 $с^{-1}$ e.m.u.$^{-1}$
Магнитный момент протона в ед. ядерных магнетонов (не исправленное) $\mu'_p/\mu_N=\mu'^*_p/\mu^*_N$	2,792 774 0 1 1		
Комптоновские длины волн: электрона $\lambda_{C,\,e}=\dfrac{h}{m_e c}=\dfrac{\alpha^2}{2R_\infty}$	2,426 308 9 4 0	10^{-12} м	
$\lambda_{C,\,e}/2\pi=\alpha a_0$	1,321 409 9 2 2	10^{-13} м	
протона $\lambda_{C,\,p}=h/m_p c$	3,861 590 5 6 4	10^{-15} м	
$\lambda_{C,\,p}/2\pi$	2,103 089 2 3 6	10^{-16} м	
нейтрона $\lambda_{C,\,n}=h/m_n c$	1,319 590 9 2 2	10^{-15} м	
$\lambda_{C,\,n}/2\pi$	2,100 194 1 3 5	10^{-16} м	
Постоянная Авогадро N_A	6,022 045 31	10^{23} $моль^{-1}$	
Атомная единица массы $m_u=1\ u=(10^{-3}\ кг\cdot моль^{-1})\ N_A$	1,660 565 5 8 6	10^{-27} кг	
Универсальная газовая постоянная *) R	8,314 41 26	$Дж\cdot моль^{-1}\ К^{-1}$	
Постоянная Больцмана **) $k=\dfrac{R}{N_A}$	1,380 622 44	10^{-23} $Дж\cdot К^{-1}$	

*) Значения универсальной газовой постоянной, выраженные в других единицах измерения энергии: литр·атмосфера (л·атм), термохимическая калория ($кал_{th}$), 15° — калория ($кал_{15}$) и калория по Международной таблице пара ($кал_{IT}$), имеют следующий вид:
$R=8{,}205\ 68\cdot10^4$ л·атм·моль$^{-1}$ К$^{-1}$=1,987 19 $кал_{th}$ моль$^{-1}$ К$^{-1}$=1,986 48 $кал_{15}$ моль$^{-1}$ К$^{-1}$=1,985 86 $кал_{IT}$ моль$^{-1}$ К$^{-1}$.

**) Значения постоянной Больцмана, выраженные в других единицах измерения энергии: литр·атмосфера (л·атм), термохимическая калория ($кал_{th}$), 15° — калория ($кал_{15}$) и калория по Международной таблице пара ($кал_{IT}$), имеют следующий вид:
$k=1{,}362\ 61\cdot10^{-19}$ л·атм К$^{-1}$=3,299 86·10^{-24} $кал_{th}$ К$^{-1}$=3,298 68·10^{-24} $кал_{15}$ К$^{-1}$=3,297 65·10^{-24} $кал_{IT}$ К$^{-1}$.

Продолжение

Наименование и символ	Численное значение	Единица СИ (десятичная кратная)	Единицы других систем (десятичные кратные)
Объем моля идеального газа ($T_0 = 273{,}15$ K, $p_0 = 101\,325$ Па) $V_m = RT_0/p_0$	2,241 383 70	10^{-2} м^3 моль$^{-1}$	
Число Лошмидта $n_0 = N_A/V_m$	2,686 754 86	10^{25} м$^{-3}$	
Число Фарадея $F = N_A e$	9,648 455 27	10^4 Кл·моль$^{-1}$	
$F^* = N_A e^*$	2,892 534 8		10^{14} e.s.u.·моль$^{-1}$
$F^*/c = N_A e^*/c$	9,648 455 27		10^3 e.m.u.·моль$^{-1}$
Энергетические эквиваленты величин			
1 масса протона: $E(m_p) = m_p c^2$	1,503 302 8	10^{-10} Дж	
	9,382 796 27		10^8 эВ
1 масса нейтрона: $E(m_n) = m_n c^2$	1,505 374 8	10^{-10} Дж	
	9,395 731 27		10^8 эВ
1 масса мюона: $E(m_\mu) = m_\mu c^2$	1,692 865 9	10^{-11} Дж	
	1,056 594 8 3 5		10^8 эВ
1 масса электрона: $E(m_e) = m_e c^2$	8,187 241 42	10^{-14} Дж	
	5,110 034 14		10^5 эВ
1 а.е.м.: $E(u) = (1\ u)\, c^2$	1,492 442 8	10^{-10} Дж	
	9,315 016 26		10^8 эВ
1 килограмм: E (кг) $= (1$ кг$)\, c^2$	8,987 552 54	10^{16} Дж	
	5,609 545 16		10^{35} эВ
1 герц: E (Гц) $= (1$ Гц$)h$	6,626 176 36	10^{-34} Дж	
	4,135 701 11		10^{-15} эВ
1 электрон-вольт: ν (эВ) $= 1$ эВ $/h$	2,417 969 6 6 3	10^{14} Гц	

Продолжение

Энергетические эквиваленты величин	Численное значение	Единица СИ (десятичная кратная)	Единицы других систем (десятичные кратные)
1 обратный метр: $E\,(\text{м}^{-1}) = (1\ \text{м}^{-1})\,hc$	1,986 478 11	10^{-25} Дж	
	1,239 852 3		10^{-6} эВ
1 электрон-вольт: $\sigma\,(\text{эВ}) = \dfrac{1\ \text{эВ}}{hc}$	8,065 479 21	10^{5} м^{-1}	
1 кельвин: $E\,(\text{К}) = (1\ \text{К})\,k$	1,380 662 44	10^{-23} Дж	
	8,617 35 28		10^{-5} эВ
1 электрон-вольт: $T\,(\text{эВ}) = \dfrac{1\ \text{эВ}}{k}$	1,160 450 36	10^{4} К	
1 ридберг ($1\ \text{Ry} = R_\infty$): $E\,(\text{Ry}) = \dfrac{1\ \text{Ry}}{hc}$	2,179 907 12	10^{-18} Дж	
	1,360 580 36		10 эВ