



Раздел 2.

Технические измерения

«... наука начинается ... с тех пор, как начинают измерять; точная наука немыслима без меры...».
«В природе мера и вес суть главные орудия познания...»

Дмитрий Иванович Менделеев

ТЕМА 2.2
СИСТЕМА ЕДИНИЦ
ФИЗИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН

В физике общие правила конструирования систем единиц были сформулированы **К. Гауссом** в 1832 г. Они сводились к следующему:

- утверждается ряд основных (независимых друг от друга) физических величин (**единицы длины, массы и времени**);
- устанавливаются единицы основных физических величин;
- устанавливаются единицы производных физических величин

Система единиц ФВ – совокупность **основных и производных единиц**, относящихся к некоторой системе величин и образованная в соответствии с принятыми принципами.

*Эти принципы заключаются в следующем: когда одни физические величины являются независимыми (**основными ФВ**), а другие являются их функциями (**производными ФВ**).*

Основные ФВ – это часть физических величин (и соответственно их единиц), которые определяются независимо от других.

Производные ФВ – это остальные физические величины, которые определяются с использованием физических законов и зависимостей через основные физические величины.

Пример:

скорость находят из уравнения физики $V = L / t$, м/с;

единицы ускорения: $a = V / t$, м/с²;

единицы силы: $F = m \cdot a$, кг·м / с².

Системы физических величин и единиц. Система СИ

Обосновано, но в общем произвольным образом выбираются несколько ФВ, называемых **основными**. Остальные величины, называемые **производными**, выражаются через них на основе известных уравнений связи между ними.

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется **системой единиц ФВ**.

Единица основной ФВ в данной системе является **основной единицей системы**.

Действующая в настоящее время **«Международная система единиц»** (**СИ (SI)** «система интернациональная») была принята XI Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г.

Система СИ состоит из:

- **7 основных единиц;**
- **2 дополнительных единиц;**
- **ряда производных единиц.**

**ПРИНЦИПЫ
ПОСТРОЕНИЯ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ
(СИ)**

СИ (SI, фр. **Le Système International d'Unités**),

(Система Интернациональная) -

международная система единиц,
современный вариант метрической
СИСТЕМЫ.

Она является логическим развитием
предшествовавших ей систем единиц

СГС, КГСС и др.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ СИ (SI)

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам Международной организацией мер и весов (МОМВ) была принята Международная система единиц СИ (SI – The International System of Units)

Достоинства системы SI:

- **универсальность** – охват всех областей науки и техники;
- **унификация единиц** для всех областей и видов измерений (механических, тепловых, электрических, магнитных и т. д.); для каждой физической величины устанавливается одна единица и система образования кратных и дольных единиц от нее с помощью множителей;
- **когерентность единиц** – все производные единицы SI получаются из уравнений связи между величинами, в которых коэффициенты равны единице;
- возможность **воспроизведения единиц с высокой точностью** в соответствии с их определениями;
- **упрощение записи уравнений и формул** в различных областях науки и техники: в физике, химии, а также в технических расчетах в связи с отсутствием переводных коэффициентов;
- **уменьшение числа допускаемых единиц**;
- **единая система образования кратных и дольных единиц**, имеющих собственные наименования.



Даты перехода на метрическую систему :

до 1800

1820

1840

1860

1880

1900

1920

1940

1960

1980

неизвестно

не перешли

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ СИ (SI)

На территории РФ система единиц СИ действует с 1 января 1982 г. в соответствии с **ГОСТ 8.417–81 «ГСИ. Единицы физических величин»**.

В 2002 году принята новая версия стандарта:
ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы физических величин».

- **Стандарт устанавливает** единицы физических величин, наименования, обозначения, определения и правила применения этих единиц.
- **Стандарт не устанавливает** единицы величин, оцениваемых по условным шкалам, единицы количества продукции, а также обозначения единиц физических величин для печатающих устройств с ограниченным набором знаков (**ГОСТ 8.430**).

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ СИ (SI)

Производные единицы бывают когерентными и некогерентными.

Когерентная единица ФВ – производная единица физической величины, числовой коэффициент связанная с другими единицами системы уравнением, в котором принят **равным единице**.

*Например, когерентной производной единицей силы (F) в системе, где основными единицами являются единицы **массы – килограмм (кг)**, **длины – метр (м)** и **времени – секунда (с)**, будет $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}^2$, эта производная единица хорошо известна, как **ньютон** ($1 \text{ Н} = 1 \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с}^2$).*

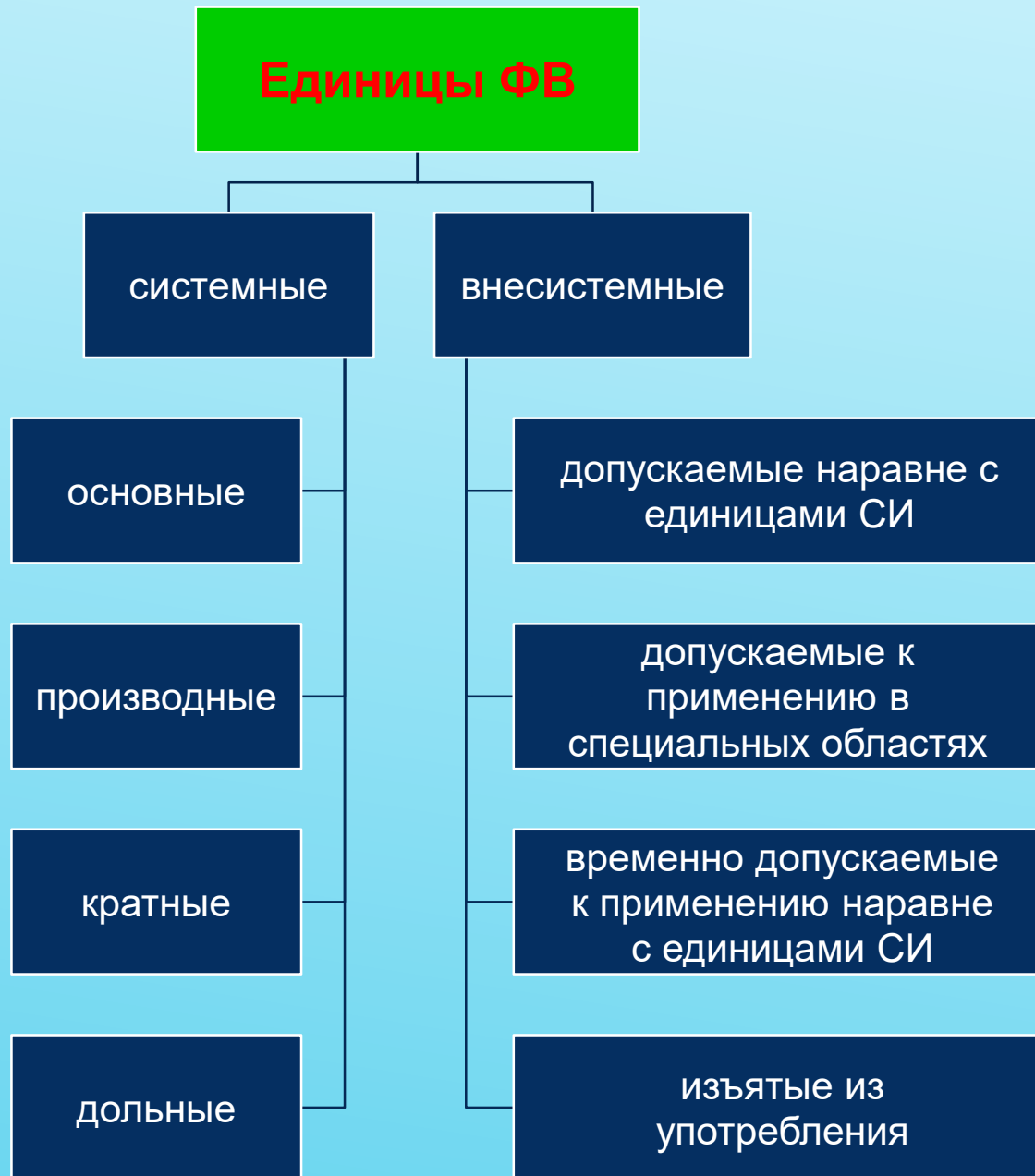
Системная единица ФВ – единица физической величины, входящая в принятую систему единиц.

*Например, **1 м**, **1 с**, **1 Н** и т.д. это системные единицы, входящие в систему СИ.*

Внесистемная единица ФВ – единица физической величины, не входящая ни в одну из принятых систем единиц.

Например, единица длины дюйм, единица энергии квт-час.

СИСТЕМА СИ



ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

ВАЖНЕЙШИЕ ЕДИНИЦЫ В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ ЕДИНИЦ (СИ)

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ УРАВНЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
				РУССКОЕ	МЕЖДУНАРОД.
ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
ДЛИНА	l	-	метр	м	m
МАССА	m	-	килограмм	кг	kg
ВРЕМЯ	t	-	секунда	с	s
СИЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	I	-	ампер	А	A
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА	T	-	кельвин	К	K
КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА	ν	-	моль	моль	mol
СИЛА СВЕТА	I	-	кандела	кд	cd
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
ПЛОСКИЙ УГОЛ	α, φ	-	радиан	рад	rad
ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ	Ω, ω	-	стерадиан	ср	sr
ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
ПЛОЩАДЬ	S	$S=l^2$	квадратный метр	м ²	m ²
ОБЪЁМ, ВМЕСТИМОСТЬ	V	$V=l^3$	кубический метр	м ³	m ³
ЧАСТОТА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	$(\nu)f$	-	герц	Гц	Hz
ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ	n	-	секунд в минус первой степени	с ⁻¹	s ⁻¹

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ УРАВНЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
				РУССКОЕ	МЕЖДУНАРОД.
ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
СКОРОСТЬ	v	$v=s/t$	метр в секунду	м/с	m/s
УСКОРЕНИЕ	a	$a=(v_1-v_2)/t$	метров на секунду в квадрате	м/с ²	m/s ²
УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ	ω	$\omega=a/t$	радиан в секунду	рад/с	rad/s
ПЛОТНОСТЬ	ρ	$\rho=m/V$	килограмм на кубический метр	кг/м ³	kg/m ³
КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ (ИМПУЛЬС)	p	$p=m \cdot V$	килограмм · метр в секунду	кг·м/с	kg·m/s
СИЛА	F	$F=m \cdot a$	ньютон	Н	N
ИМПУЛЬС СИЛЫ	I	$I=F \cdot t$	ньютон·секунда	Н·с	N·s
МОМЕНТ СИЛЫ	M	$M=F \cdot l$	ньютон·метр	Н·м	N·m
ДАВЛЕНИЕ	p	$p=F/S$	паскаль	Па	Pa
РАБОТА, ЭНЕРГИЯ	A, W	$A=F \cdot s \cdot \cos \alpha$	джоуль	Дж	J
МОЩНОСТЬ	$P, (N)$	$P=A/t$	ватт	Вт	W
КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ	Q	-	джоуль	Дж	J
УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ	c	$c=Q/(m \cdot \Delta T)$	джоуль на килограмм·кельвин	Дж/(кг·К)	Дж/(кг·К)
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД	Q	$Q=I \cdot t$	кулон	Кл	C

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ УРАВНЕНИЕ	НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	
				РУССКОЕ	МЕЖДУНАРОД.
ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ					
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	$U, (V)$	$U=P/I$	вольт	В	V
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ	R	$R=U/I$	ом	Ом	Ω
УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ	ρ	$\rho=R \cdot S/l$	ом·метр	Ом·м	$\Omega \cdot m$
НАПРЯЖЁННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА	E	$E=U/l$	вольт на метр	В/м	V/m
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЁМКОСТЬ	C	$C=Q/U$	фарад	Ф	F
МАГНИТНЫЙ ПОТОК	Φ	$\Phi=B \cdot S$	вебер	Вб	Wb
МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	B	$B=\Phi/S$	тесла	Тл	T
ИНДУКТИВНОСТЬ	L	$L=\Phi/I$	генри	Гн	H
СВЕТОВОЙ ПОТОК	Φ	$\Phi=J \cdot \omega$	люмен	Лм	lm
СВЕТОВАЯ ЭНЕРГИЯ	Q	$Q=\Phi \cdot t$	люмен·секунда	лм·с	lm·s
ОСВЕЩЁННОСТЬ	E	$E=\Phi \cdot S$	люкс	Лк	lx
ПОГЛОЩЁННАЯ ДОЗА ИЗЛУЧЕНИЯ	Dn	$Dn=W/m$	грей	Гр	Gy
АКТИВНОСТЬ НУКЛИДА В РАДИОАКТИВНОМ ИСТОЧНИКЕ	A	$A=n/t$	беккерель	Бк	Bq

ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ ФВ СИСТЕМЫ СИ

№ п/п	Физическая величина			Единицы измерения ФВ		
	наименование	размерность	рекомендуемое обозначение	наименование	обозначение	
					русское	междуна- родное
ОСНОВНЫЕ						
1	Длина	L	l	Метр	М	М
2	Масса	M	m	Килограмм	Кг	Kg
3	Время	T	t	Секунда	С	S
4	Сила электрического тока	I	I	Ампер	А	А
5	Термодинамическая температура	Θ	T	Кельвин	К	К
6	Количество вещества	N	n, ν	Моль	Моль	Mol
7	Сила света	J	J	Кандела	Кд	Kd
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ						
8	Плоский угол	-	-	Радян	Рад	Rad
9	Телесный угол	-	-	стерадиан	ср	sr

Международная система единиц (SI)

Основные величины и основные единицы физических величин

Величина			Единица величины		
наименование	обозначение	размерность (символ)	наименование	обозначение	
				русское	международное
Длина	l	L	метр	м	m
Масса	m	M	килограмм	кг	kg
Время	t	T	секунда	с	s
Сила электрического тока	i	I	ампер	A	A
Термодинамическая температура	T	Θ	кельвин	K	K
Сила света	J	J	кандела	кд	kd
Количество вещества	n	N	моль	моль	mol

Производные величины и производные единицы

Величина			Единица величины		
наименование	обозначение	размерность	наименование	обозначение	выражение производной единицы через основные
Частота	f	T^{-1}	герц	Гц	s^{-1}
Сила	F	LMT^{-2}	ньютон	Н	$м \cdot кг \cdot с^{-2}$
Давление	P	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Па	$м^{-1} \cdot кг \cdot с^{-2}$
Работа	A	L^2MT^{-2}	джоуль	Дж	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-2}$
Мощность	N	L^2MT^{-3}	ватт	Вт	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-3}$

В МЕЖДУНАРОДНУЮ СИСТЕМУ ЕДИНИЦ ВХОДЯТ:

1. ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ:

(определения, соответствующие решениям Генеральной конференции по мерам и весам)

- 1) **Метр (L, м)** равен длине пути, проходимого светом в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды.
- 2) **Килограмм (M, кг)** равен массе международного прототипа килограмма.
- 3) **Секунда (t, с)** равна $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия - 133.
- 4) **Ампер (I, A)** равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум прямолинейным параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную 2×10^{-7} Н.
- 5) **Кельвин (Q, K)** равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды.
- 6) **Кандела (J, кд)** равна силе света в заданном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540×10^{12} Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.
- 7) **Моль (N, моль)** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ:

- 1) **Радиян (рад)** единица измерения плоского угла (*это угол между двумя радиусами окружности, дуга между которыми по длине равна радиусу. В градусном исчислении радиан равен $57^{\circ} 17' 44,8''$*).
- 2) **Стерadian (ср)** единица измерения телесного угла (*это телесный угол, вершина которого расположена в центре сферы и который вырезает на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, по длине равной радиусу сферы*).

Угловые единицы не могут быть введены в число **основных**, так как это вызвало бы затруднение в трактовке размерностей величин, связанных с вращением (дуги окружности, площади круга, работы пары сил и т.д.).

Вместе с тем они не являются и **производными единицами**, так как не зависят от выбора основных единиц.

Например, при любых единицах длины размеры радиана и стерадиана остаются неизменными, аналогичная ситуация имеет место и для других единиц физических величин.

3. ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ

В СИ в качестве основных приняты семь единиц:

- ✓ в механике – единицы длины (метр), массы (килограмм), времени (секунда);
- ✓ в электричестве – единица силы электрического тока (ампер);
- ✓ в теплоте – единица термодинамической температуры (Кельвин);
- ✓ в оптике – единица силы света (кандела);
- ✓ в молекулярной физике, термодинамике и химии – единица количества вещества (моль).

Основные физические величины отображают наиболее естественные для современного человека свойства окружающего мира.

Размеры единиц физических величин выбраны такими, чтобы они комфортно воспринимались органами чувств человека.

Производные единицы

Производные единицы могут быть выражены через основные с помощью математических операций: умножения и деления. Некоторым из производных единиц, для удобства, присвоены собственные названия, такие единицы тоже можно использовать в математических выражениях для образования других производных единиц.

Примеры:

- ▶ **Единица силы – 1 Н (Ньютон)** $= m \cdot a = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$
- ▶ **Единица работы – А (Ампер)** $= 1 = 1 \text{ Дж (Джоуль)}$
- ▶ **Единица мощности** – $1 \text{ Дж} / 1 \text{ с} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3 = 1 \text{ Вт (Ватт)}$
- ▶ **Единица давления** – P_a (Паскаль) $= 1 \text{ Н} / 1 \text{ м}^2 = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2 \cdot \text{м} = 1 \text{ Па (Паскаль)}$

ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРАКТИКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Наименование величины	Единица измерения	Обозначение размерности	Сокращенное обозначение единицы	
Плотность электрического тока	ампер на квадратный метр	$L^{-2} I$	А/м ²	A/m ²
Количество электричества, электрический заряд	кулон	$T I$	Кл	C
Электрическое напряжение, электродвижущая сила	вольт	$LM TI$	В	V
Напряженность электрического поля	вольт на метр	$L M TI$	В/м	V/m
Электрическая емкость	фарад	$LMTI$	Ф	F
Абсолютная диэлектрич. проницаемость	фарад на метр	$LMTI$	Ф/м	F/m
Электрич. сопротивление	ом	$LM TI$	Ом	W
Удельное электрическое сопротивление	ом на метр	$LM TI$	Ом × м	W × m
Электрич. проводимость	сименс	$LMTI$	См	S
Индуктивность, взаимная индуктивность	генри	$LM TI$	Гн	H
Электромагнитная энергия	джоуль	$L M T$	Дж	J
Активная мощность электрической цепи	ватт	$LM T$	Вт	W
Реактивная мощность электрической цепи	вар	$LM T$	вар	var
Полная мощность электрической цепи	вольт-ампер	$LM T$	В А	V A
Частота	герц	T	Гц	Hz
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	LI	А/м	A/m

Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название

ВЕЛИЧИНА		ЕДИНИЦА		
Наименование	Размерность	наименование	обозначение	Выражение через единицы СИ
Частота	T^{-1}	Герц	Гц	s^{-1}
Сила, вес	$LM T^2$	Ньютон	Н	$mkgs^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1}MT^{-2}$	Паскаль	Па	$m^{-1}kgs^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	Джоуль	Дж	m^2kgs^{-2}
Мощность	L^2MT^{-3}	Ватт	Вт	m^2kgs^{-3}
Количество электричества	TI	Кулон	Кл	sA
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	Вольт	В	$m^2kgs^{-3}A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	Фарад	Ф	$m^{-2}kg^{-1}s^4A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2M^{-3}T^2$	Ом	Ом	$m^2kgs^{-3}A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	Сименс	См	$m^{-2}kg^{-1}s^3A^2$
Поток магнитной индукции	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	вебер	Вб	$m^2kgs^{-2}A^{-1}$

Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название

Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через единицы СИ
Магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	Тесла	Тл	$kg\,s^{-2}A^{-1}$
Индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	Гн	$m^2kg\,s^{-2}A^{-2}$
Световой поток	J	Люмен	Лм	$cd\,sr$
Освещенность	$L^{-2}J$	Люкс	Лк	$m^{-2}cd\,sr$
Активность радионуклида	T^{-1}	Беккерель	Бк	s^{-1}
Поглощенная доза ионизирующего излучения	L^2T^{-2}	Грей	Гр	m^2s^{-2}
Эквивалентная доза излучения	L^2T^{-2}	Зиверт	Зв	m^2s^{-2}

КРАТНЫЕ И ДОЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ

КРАТНЫЕ И ДОЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Числовые значения ФВ изменяются в значительных пределах. Поэтому для удобства практических измерений наряду с основными и производными единицами, называемыми *главными*, введены также *кратные* и *дольные единицы*, которые обычно находятся в декадном отношении к главной единице.

Кратная единица ФВ — это единица физической величины в целое число раз большая системной или внесистемной единицы.

Дольная единица ФВ — это единица физической величины в целое число раз меньшая системной или внесистемной единицы.

КРАТНЫЕ И ДОЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Приставки вводились в СИ постепенно:

- ✓ В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) приняла ряд наименований приставок и соответствующих символов для множителей в пределах от 10^{-12} до 10^{12} .
- ✓ В 1964 г. на XII ГКМВ приняты приставки для множителей 10^{-15} и 10^{-18} .
- ✓ В 1975 г. на XV ГКМВ приняты приставки для множителей 10^{15} и 10^{18} .
- ✓ В 1991 г. на XIX ГКМВ приняты приставки для множителей 10^{-24} , 10^{-21} , 10^{21} и 10^{24} .

Большинство приставок образовано от слов древнегреческого языка:

дека – от др.-греч. δέκα – «десять»;

гекто – от др.-греч. ἑκατόν – «сто»;

кило – от др.-греч. χίλιοι – «тысяча»;

мега – от др.-греч. μέγας – «большой»;

гига – это др.-греч. γίγας – «гигантский»;

тера – от др.-греч. τέρας – «чудовище»;

пета – (др.-греч. πέντε) и **экса** – (др.-греч. ἕξ) соответствуют 5 и 6 разрядам по 1000 и переводятся, соответственно, как «пять» и «шесть»;

микро – (от др.-греч. μικρός) и **нано** – (от др.-греч. νᾶνος) переводятся как «малый» и «карлик»;

иотта (1000^8) и **иокто** ($1/1000^8$) – от одного слова др.-греч. ὀκτώ (*októ*) – «восемь».

Приставки образованные от слов латинского и др. языков:

милли – от лат. *mille* – «тысяча»;

санτι – от лат. *centum* – «сто»;

деци – от лат. *decimus* – «десятый»;

зетта – от лат. *septem* – «семь»;

зепто – происходит от лат. *septem* или от фр. *Sept* – «семь»;

атто – от дат. *atten* – «восемнадцать»;

фемто – от дат. и норв. *femten* или др.-сканд. *fimmtān* – «пятнадцать»;

«пико» – от итал. *piccolo* – «маленький».

**МНОЖИТЕЛИ И
ПРИСТАВКИ ДЛЯ
ОБРАЗОВАНИЯ
ДЕСЯТИЧНЫХ
КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ
ЕДИНИЦ**

МНОЖИТЕЛИ И ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КРАТНЫХ ЕДИНИЦ

Десятичный множитель	Приставка		Обозначение приставки		Пример
	русская	международная	русское	международное	
10^1	дека	deca	да	da	Дал – декалитр
10^2	гекто	hecto	г	h	гПа – гектопаскаль
10^3	кило	kilo	к	k	кН – килоньютон
10^6	мега	mega	М	M	МПа – мегапаскаль
10^9	гига	giga	Г	G	ГГц – гигагерц
10^{12}	тера	tera	Т	T	ТВ – теравольт
10^{15}	пета	peta	П	P	Пфлопс – петафлопс
10^{18}	экса	exa	Э	E	Эм – эксаметр
10^{21}	зетта	zetta	З	Z	ЗэВ – зеттаэлектронвольт
10^{24}	иотта	yotta	И	Y	Иг – иоттаграмм

МНОЖИТЕЛИ И ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

Десятичный множитель	Приставка		Обозначение приставки		Пример
	русская	международная	русское	международное	
10^{-1}	деци	deci	д	d	дм – дециметр
10^{-2}	санти	centi	с	c	см – сантиметр
10^{-3}	милли	milli	м	m	мН – миллиньютон
10^{-6}	микро	micro	МК	<u>μ</u>	мкм – микрометр, микрон
10^{-9}	нано	nano	н	n	нм – нанометр
10^{-12}	пико	pico	п	p	пФ – пикофарад
10^{-15}	фемто	femto	ф	f	фс – фемтосекунда
10^{-18}	атто	atto	а	a	ас – аттосекунда
10^{-21}	зепто	zepto	з	z	зКл – зептокулон
10^{-24}	иокто	yocto	и	y	иг – иоктограмм

ВНЕСИСТЕМНЫЕ ЕДИНИЦЫ

ВНЕСИСТЕМНЫЕ ЕДИНИЦЫ

(ЕДИНИЦЫ ФВ, НЕ ВХОДЯЩИЕ НИ В ОДНУ ИЗ ПРИНЯТЫХ СИСТЕМ ЕДИНИЦ)

Внесистемные единицы разделяют на четыре вида:

- ▶ **Допускаемые наравне с единицами СИ**, например: единица массы – тонна; единицы плоского угла – градус, минута, секунда; единица объема – литр и др. Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в таблице 1.7.
- ▶ **Допускаемые к применению в специальных областях**, к которым относятся: единицы длины (в астрономии) – астрономическая единица, парсек, световой год; единица оптической силы (в оптике) – диоптрия; единица энергии (в физике) – электрон-вольт, приведены в таблице 1.4.
- ▶ **Временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ**, например: в морской навигации – морская миля; в ювелирном деле единица массы – карат и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями.
- ▶ **Изъятые из употребления**, к ним относятся единицы давления – миллиметр ртутного столба; единица мощности – лошадиная сила и др.

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица			Соотношение с единицей СИ
	наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Масса	Тонна	t	т	10^3кг
	Атомная единица массы	u	а.е.м.	$\approx 1,66057 \cdot 10^{-27}\text{кг}$
Время	Минута	min	мин	60 с
	Час	h	ч	3600 с
	сутки	d	сут	86400 с
Плоский угол	Градус	\dots°	\dots°	$(\pi/180)\text{рад} = 1,745329 \dots \cdot 10^{-2}\text{рад}$
	Минута	\dots'	\dots'	$(\pi/10800)\text{рад} = 2,908882 \dots \cdot 10^{-4}\text{рад}$
	Секунда	\dots''	\dots''	$(\pi/648000)\text{рад} = 4,848137 \dots \cdot 10^{-6}\text{рад}$
	Град или гон	$\dots^{\text{Д}}$	град	$(\pi/200)\text{рад}$
Объем, вместимость	Литр	l	л	10^{-2}м^3
Длина	Астрономическая единица	ua	а.е.	$\approx 1,45598 \cdot 10^{11}\text{м}$
	Световой год	ly	Св.год	$\approx 9,4605 \cdot 10^{15}\text{м}$
	парсек	pc	пк	$\approx 3,0857 \cdot 10^{16}\text{м}$

Внесистемные единицы, изъятые из употребления, и их связь с единицами системы СИ

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Длина	Микрон Ангстрем	мк Å	1 мк=10 ⁻⁶ м 1 Å=10 ⁻¹⁰ м
Масса	Центнер	цн	1 цн=10 ² кг
Площадь	Ар	а	1 а=10 ² м ²
Угол поворота	Оборот	об	1 об=2 π рад
Угловая скорость	Оборот в минуту Оборот в секунду	об/мин об/с	1 об/мин=π/30 рад/с 1 об/с=2π рад/с
Сила	Килограмм-сила Тонна-сила Дина	кгс тс дин	1 кгс=9,80665 Н 1 тс=9,80665*10 ³ Н 1 дин=10 ⁻⁵ Н
Работа и энергия	Килограмм-сила-метр Эрг Ватт-час	кгс*м эрг вт*ч	1 кгс*м=9,80665 Дж 1 эрг=10 ⁻⁷ Дж 1 вт*ч =3,6*10 ³ Дж
Мощность	Лошадиная сила	Л.с.	1 л.с.=735,499 Вт
Давление	Бар Миллиметр ртутного столба Миллиметр водяного столба Техническая атмосфера Физическая атмосфера	бар мм рт. ст. мм вод. ст. ат атм	1 бар= 10 ⁵ Па 1 мм рт. ст.=133,322 Па 1 мм вод. ст.=9,80665 Па 1 ат=9,80665*10 ⁴ Па 1атм=1,01325*10 ⁵ Па (760 мм рт. ст.)