УДК 658.5

Системы единиц физических величин

Одинцов В. П.

«Самарский государственный технический университет», Самара, Россия.

Аннотация

Физическая величина - это одно из наиболее общих в физике и метрологии. Под физической величиной понимается свойство, общее в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, их состояний и происходящих в них процессов), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Измерение - процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения. Существует различные виды измерений. Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов. В статье рассмотрены Главнейшие системы единиц физических величин, а именно система СГС, система МКГСС, система МКСА. Рассмотрены определения основных единиц, соответствующие решениям Генеральной конференции по мерам и весам. Дополнительные единицы СИ использованы для образования единиц угловой скорости, углового ускорения и некоторых других величин. Производные единицы Международной системы единиц образуются с помощью простейших уравнений между величинами, в которых числовые коэффициенты равны единице.

Наиболее прогрессивным способом образования кратных и дольных единиц является принятая в метрической системе мер десятичная кратность между большими и меньшими единицами.

Ключевые слова: системы единиц, главнейшие системы единиц физических величин, дополнительные единицы СИ, производные единицы, кратные единицы.

Systems of units of physical quantities

Odintsov V. P.

A physical quantity is one of the most common in physics and metrology. A physical quantity is understood as a property that is qualitatively common for many physical objects (physical systems, their states and processes occurring in them), but quantitatively individual for each object. Measurement is the process of finding the value of a physical quantity empirically using measuring instruments. There are different types of measurements. The classification of the types of measurements is carried out based on the nature of the dependence of the measured quantity on time, the type of the measurement equation, the conditions that determine the accuracy of the measurement result and the ways of expressing these results. The article discusses the main systems of units of physical quantities, namely the CGS system, the ICGSS system, the ISSA system. The definitions of the basic units, consistent with the decisions of the General Conference on weights and measures, are considered. Additional SI units are used to form units of angular velocity, angular acceleration and some other quantities. Derived units of the International System of Units are formed using the simplest equations between quantities, in which the numerical coefficients are equal to one.

The most progressive way of forming multiples and sub-multiples is the decimal multiplicity adopted in the metric system of measures between larger and smaller units.

Keywords: systems of units, the main systems of units of physical quantities, additional SI units, derived units, multiples of units.

Введение

Физическая величина - это одно из наиболее общих в физике и метрологии. Под физической величиной понимается свойство, общее в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, их состояний и происходящих в них процессов), но

в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Так, все тела обладают массой и температурой, но для каждого из них эти параметры различны. То же самое можно сказать и о других величинах – электрическом токе, вязкости жидкостей или потоке излучения [1].

Для того чтобы можно было установить различия в количественном содержании свойств в каждом объекте, отображаемых физической величиной, вводится понятие размера физической величины.

Исторически первой системой единиц физических величин была принятая в 1791 г. Национальным собранием Франции метрическая система мер. Она не являлась еще системой единиц в современном понимании, а включала в себя единицы длин, площадей, объемов, вместимостей и веса, в основу которых были положены две единицы: метр и килограмм.

В 1832 г. немецкий математик К. Гаусс предложил методику построения системы единиц как совокупности основных и производных. Он построил систему единиц, в которой за основу были приняты три произвольные, независимые друг от друга единицы – длины, массы и времени. Все остальные единицы можно было определить с помощью этих трех. Такую систему единиц, связанных определенным образом с тремя основными, Гаусс назвал абсолютной системой. За основные единицы он принял миллиметр, миллиграмм и секунду.

В дальнейшем с развитием науки и техники появился ряд систем единиц физических величин, построенных по принципу, предложенному Гауссом, базирующихся на метрической системе мер, но отличающихся друг от друга основными единицами.

Главнейшие системы единиц физических величин

Измерение - процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения. Существует различные виды измерений. Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов [2].

Рассмотрим главнейшие системы единиц физических величин.

Система СГС.

Система единиц физических величин СГС, в которой основными единицами являются сантиметр как единица длины, грамм как единица массы и секунда как единица времени, была установлена в 1881 г.

Система МКГСС.

Применение килограмма как единицы веса, а в последующем как единицы силы вообще,

привело в конце XIX века к формированию системы единиц физических величин с тремя основными единицами: метр – единица длины, килограмм-сила – единица силы и секунда – единица времени.

Система МКСА.

Основы этой системы были предложены в 1901 г. итальянским ученым Джорджи. Основными единицами системы МКСА являются метр, килограмм, секунда и ампер.

Наличие ряда систем единиц физических величин, а также значительного числа внесистемных единиц, неудобства, связанные с пересчетом при переходе от одной системы единиц к другой, требовало унификации единиц измерений. Рост научно-технических и экономических связей между разными странами обусловливал необходимость такой унификации в международном масштабе.

Требовалась единая система единиц физических величин, практически удобная и охватывающая различные области измерений. При этом она должна была сохранить принцип когерентности (равенство единице коэффициента пропорциональности в уравнениях связи между физическими величинами).

В 1954 г. X Генеральная конференция по мерам и весам установила шесть основных единиц (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин и свеча) практической системы единиц. Система, основанная на утвержденных в 1954 г. шести основных единицах, была названа Международной системой единиц, сокращенно СИ (SI – начальные буквы французского наименования Systeme International). Был утвержден перечень шести основных, двух дополнительных и первый список двадцати семи производных единиц, а также приставки для образования кратных и дольных единиц [3].

Основные единицы СИ

Основные единицы СИ с указанием сокращенных обозначений русскими и латинскими буквами приведены в таблице 1.

Таблица 1

Величина	Единица измерения	Сокращенное обозначение единицы	
		русское	международное
Длина	метр	м	m

Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Сила эл. тока	ампер	А	A
Термодин. темп-ра	кельвин	К	K
Сила света	кандела	кд	cd
Кол-во вещества	моль	моль	mol

Определения основных единиц

Определения основных единиц, соответствующие решениям Генеральной конференции по мерам и весам, следующие.

Метр равен длине пути, проходимого светом в вакууме за 1/299792458 долю секунды.

Килограмм равен массе международного прототипа килограмма.

Секунда равна 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным 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.

Кельвин равен 1/273.16 части термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0.012 кг.

Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Международная система единиц включает в себя две дополнительные единицы – для

измерения плоского и телесного углов.

Единица плоского угла – радиан (рад) – угол между двумя радиусами окружности, дуга между которыми по длине равна радиусу. В градусном исчислении радиан равен 57°17’48".

Стерадиан (ср), принимаемый за единицу телесного угла, – 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.

Измеряют телесные углы путем определения плоских углов и проведения дополнительных расчетов по формуле

$$Q = 2\pi(1 - \cos\alpha/2)$$

где Q – телесный угол; α – плоский угол при вершине конуса, образованного внутри сферы данным телесным углом.

Телесному углу 1 ср соответствует плоский угол, равный 65°32′, углу π ср – плоский угол 120°, углу 2π ср – плоский угол 180° [4].

Дополнительные единицы СИ

Дополнительные единицы СИ использованы для образования единиц угловой скорости, углового ускорения и некоторых других величин. Сами по себе радиан и стерадиан применяются в основном для теоретических построений и расчетов, так как большинство важных для практически значений углов (полный угол, прямой угол и т.д.) в радианах выражаются трансцендентными числами (2π , $\pi/2$ и т.д.).

Производные единицы

Производные единицы Международной системы единиц образуются с помощью простейших уравнений между величинами, в которых числовые коэффициенты равны единице. Так, для линейной скорости в качестве определяющего уравнения можно воспользоваться выражением для скорости равномерного прямолинейного движения $v = l/t$.

При длине пройденного пути (в метрах) и времени t, за которое пройден этот путь (в секундах), скорость выражается в метрах в секунду (м/с). Поэтому единица скорости СИ – метр в секунду – это скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1 с перемещается на расстояние 1 м.

Если в определяющее уравнение входит числовой коэффициент, то для образования

производной единицы в правую часть уравнения следует подставлять такие числовые значения исходных величин, чтобы числовое значение определяемой производной единицы было равно единице. Например, единица кинетической энергии СИ – килограмм-метр в квадрате на секунду в квадрате – это кинетическая энергия тела массой 2 кг, движущегося со скоростью 1 м/с, или кинетическая энергия тела массой 1 кг, движущегося со скоростью $\sqrt{2}$ м/с. Эта единица имеет особое наименование – джоуль (сокращенное обозначение Дж).

Кратные и дольные единицы

Наиболее прогрессивным способом образования кратных и дольных единиц является принятая в метрической системе мер десятичная кратность между большими и меньшими единицами.

В таблице 2 приводятся множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования.

Следует учитывать, что при образовании кратных и дольных единиц площади и объема с помощью приставок может возникнуть двойственность прочтения в зависимости от того, куда добавляется приставка. Так, сокращенное обозначение 1 км2 можно трактовать и как 1 квадратный километр и как 1000 квадратных метров, что, очевидно, не одно и то же (1 квадратный километр = 1.000.000 квадратных метров). В соответствии с международными правилами кратные и дольные единицы площади и объема следует образовывать, присоединяя приставки к исходным единицам. Таким образом, степени относятся к тем единицам, которые получены в результате присоединения приставок. Поэтому 1 км2 = 1 (км)2 = (103 м) 2 = 106 м2 [5].

Таблица 2

Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		русское	международное
1018	экса	Э	Е
1015	пета	П	Р

1012	тера	Т	T
109	гига	Г	G
106	мега	М	M
103	кило	к	k
102	гекто	г	h
101	дека	да	da
10-1	деци	д	d
10-2	санти	с	c
10-3	милли	м	m
10-6	микро	мк	μ
10-9	нано	н	n
10-12	пико	п	p
10-15	фемто	ф	f
10-18	атто	а	a

В нашей стране подлежат обязательному применению единицы Международной системы единиц (СИ), содержащей основные, дополнительные и производные единицы, а также десятичные кратные и дольные от них. Единицы СИ некоторых электрических величин приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Электрическая величина		Единица измерений		
наименование	обозначение	наименова-ние	русское обоз-ние	международн обоз-ние
Сила тока	I	ампер	А	A
Напряжение, ЭДС	U, E	вольт	В	V
Мощность активная	P	ватт	Вт	W
Сопротивление	R	ом	Ом	Ω
Емкость	C	фарада	Ф	F
Индуктивность, взаимная индуктивность	L, M	генри	Гн	H
Частота	f	герц	Гц	Hz
Длина волны	λ	метр	м	m
Фазовый сдвиг	φ	радиан	рад	rad

Список литературы

1. Рудзит Т.Я., Плуталов В.Н. / Основы метрологии, точность и надёжность в приборостроении. - М.: Машиностроение,1991.
2. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учеб. пособие для вузов. М.: Логос, 2009.
3. Балалаев В.А., Слаев В.А., Синяков А.И. Теория систем воспроизведения единиц и передачи их размеров: Науч. Издание - учеб. пособие. Спб: НПО «Профессионал», 2010
4. Таланчук П.М. и др. Средства измерения в автоматических информационных системах и системах управления. - К.: Радуга, 1994. - 672 с.
5. Фарзане Н.Г., Илясов П.В., Азим-заде А.Ю. / Технологические измерения и приборы. Учебник - Москва. Высшая школа.1989.