

Практическое занятие 1

Современные системы единиц физических величин

Тема № 1 «Изучение ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы величин»

1.1 Цель и задачи занятия

Получить знание о современных единицах физических величин и навыки по их правильному применению в соответствующих областях деятельности.

1.2 Наименование и назначение стандарта

Данный стандарт является международным стандартом стран СНГ. Он был разработан Всероссийским НИИ метрологии им. Д.И. Менделеева и принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации СНГ (10 стран). Постановлением Госстандарта России данный стандарт введён в действие непосредственно в качестве государственного стандарта РФ с 01.09.2003 г. взамен ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы физических величин».

Полное наименование стандарта – межгосударственный стандарт ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин». Он устанавливает единицы физических величин, применяемые в стране (наименования, обозначения, определения и правила применения) во всех сферах: науке, технике, производстве, образовании, медицине, торговле, спорте и др. Его действие не распространяется на единицы величин, оцениваемых по условным шкалам, таких, например, как Международная сахарная шкала, шкалы твёрдости (Бринелля, Роквелла, Виккерса, Шора и др.), шкала светочувствительности фотоматериалов, единицы количества продукции (условные банки, кормовые единицы) и др.

Стандарт построен на основе Международной системе единиц, обозначаемой в русской транскрипции СИ, а в международной – SI (система интернациональная), и устанавливает наименование, обозначение, определение и правила применения единиц. В настоящее время в науке и технике находят применение не менее 350 системных величин и соответственно столько же единиц СИ.

Стандарт по своей структуре состоит из разделов (8) и приложений (5).

Разделы: 1 Область применения;

2 Нормативные ссылки;

3 Определения;

4 Общие положения;

5 Единицы Международной системы единиц (СИ);

6 Единицы, не входящие в СИ;

7 Правила образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц;

8 Правила написания обозначений единиц.

Приложения: А Единицы количества информации;

Б Правила образования когерентных производных единиц СИ;

В Соотношение некоторых внесистемных единиц с единицами СИ;

Г Рекомендации по выбору кратных и дольных единиц СИ;

Д Библиография.

1.3 Общие положения (наиболее важные)

3.1 Стандарт устанавливает обязательное применение единиц Международной системы СИ и допускает применение наравне с единицами СИ некоторых единиц, не входящих в СИ, части из них постоянно, а части – временно.

3.2 Во вновь разрабатываемых и пересматриваемых документах, а также в других публикациях, в том числе в учебниках и учебных пособиях значения величин следует выражать в единицах, установленных стандартом.

3.3 Стандарт предусматривает применение двух видов обозначений единиц: международное и русское. В публикациях допускается применять либо одно, либо другое; одновременное применение обозначений обоих видов в одном и том же издании, документе не допускается.

3.4 В нормативных, конструкторских, технологических и других технических документах на продукцию различных видов допускается применять международные и русские обозначения единиц, при этом на табличках, шкалах и щитках средств измерений в любом случае надлежит применять только международное обозначение единиц.

3.5 При договорно-правовых отношениях в области сотрудничества с зарубежными странами, а также в поставляемых за границу вместе с экспортной продукцией технических и других документах следует применять международные обозначения единиц.

3.6 По требованию заказчика экспортной продукции характеристики и параметры продукции, в том числе средств измерений, могут быть выражены в единицах величин, не входящих в Международную систему.

1.4 Основные единицы СИ и их определение

1.4.1 Международная система единиц как и всякая другая построена на принципе деления единиц физических величин (как и самих величин) на два вида: основные и производные. Основных единиц в системе СИ всего семь. Их набор и наименование установлены на основе опыта, современного уровня развития физики и технологии и по согласованию учёных-метрологов. Все эти единицы вошли в практику применения, начиная с конца 19-го века, и за это время некоторые из них меняли не только наименование, но и определение. Определение единицы физической величины – это описание некоего физического тела, явления, процесса, с помощью которого можно воспроизвести единицу как физическую величину принятого размера в своем материальном воплощении, называемом эталоном единицы.

1.4.2 В представленной таблице 1 даны наименование основных величин и наименование, обозначение и определение их единиц, а также год принятия определения единицы Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ).

Таблица 1

Величина, наименование	Единица			Определение, год принятия
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Длина	метр	m	м	Метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299\,792\,458$ с; 1983 г.
Масса	килограмм	kg	кг	Килограмм есть масса, равная массе международного прототипа килограмма; 1901 г.
Время	секунда	s	с	Секунда есть время, равное $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133; 1967 г.
Сила электрического тока	ампер	A	А	Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н; 1948 г.
Термодинамическая температура	кельвин	K	К	Кельвин есть термодинамическая температура, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды (температура, при которой вода находится одновременно в трёх агрегатных состояниях – твёрдом, жидком и газообразном – при нормальном атмосферном давлении); 1967 г.
Количество вещества	моль	mol	моль	Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц; 1971 г. (численно моль равен постоянной Авогадро – $6,02204 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹)
Сила света	кандела	cd	кд	Кандела есть сила 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; 1979 г.

Примечание. Кроме термодинамической температуры (обозначение T), допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где $T_0 = 273,15$ К. Единица температуры Цельсия – градус Цельсия, °С; по размеру градус Цельсия равен кельвину.

1.5 Производные единицы

1.5.1 Эти единицы образуют по правилам образования когерентных производных единиц, т.е. с помощью простейших уравнений связи между величинами, в которых числовые коэффициенты равны 1.

Производные единицы разделяются на три группы:

- единицы, наименование и обозначение которых образованы с использованием наименований и обозначений основных единиц;
- единицы, которым даны специальные наименования и обозначения;
- единицы, наименование и обозначение которых образованы с использованием специальных наименований и обозначений единиц и наименований и обозначений основных единиц.

В отношении единиц первой и третьей групп в стандарте даны только их примеры, поскольку общее число производных единиц установить нельзя; новые такие единицы устанавливаются по мере надобности в результате каких либо открытий или исследований. Количество единиц второй группы конечно, но изменяемо по мере принятия специальных наименований для единиц из первой и второй групп ГКМВ. Так, сравнительно недавно приняты такие специальные наименования как зиверт, грей, тесла, вебер, сименс, паскаль.

1.5.2 В данной редакции стандарта указано 22 единицы со специальными названиями и обозначениями; большинство из них являются единицами механических, электрических и магнитных величин. Чаще всего специальные наименования единицам даны в честь крупнейших и широко известных учёных. В таблице 2 приведены наиболее часто применяемые из них в научно-технической практике.

Таблица 1.2

Величина, наименование	Единица			Примечание
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Плоский угол	радиан	rad	рад	$\alpha = l / r, 1 \text{ рад} = 1 \text{ м} / 1 \text{ м}$
Телесный угол	стерадиан	sr		$\omega = s / r^2, 1 \text{ ср} = 1 \text{ м}^2 / 1 \text{ м}^2$
Частота	герц	Hz	Гц	$1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$
Сила, вес, натяжение	ньютон	N	Н	$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$
Давление, механическое напряжение	паскаль	Pa	Па	$1 \text{ Па} = 1 \text{ кг} / (\text{м} \cdot \text{с}^2)$
Энергия, работа, количество теплоты	джоуль	J	Дж	$1 \text{ Дж} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2$
Мощность, тепловой поток	ватт	W	Вт	$1 \text{ Вт} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3$
Электрический заряд, количество электричества	кулон	C	Кл	$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}$
Электрическое напряжение, электрич. потенциал, э.д.с.	вольт	V	В	$1 \text{ В} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / (\text{А} \cdot \text{с}^3)$
Электрическая ёмкость	фарад	F	Ф	$1 \text{ Ф} = 1 \text{ А}^2 \cdot \text{с}^4 / (\text{м}^2 \cdot \text{кг})$
Электрическое сопротивление	ом	Ω	Ом	$1 \text{ Ом} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} / (\text{с}^3 \cdot \text{А}^2)$
Электрическая проводимость	сименс	S	См	$1 \text{ См} = 1 \text{ с}^3 \cdot \text{А}^2 / (\text{м}^2 \cdot \text{кг})$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	вебер	Wb	Вб	$1 \text{ Вб} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} / (\text{с}^2 \cdot \text{А})$

Плотность магнитного потока, магнитная индукция	тесла	T	Тл	1 Тл = 1 кг/(с ² · А)
Индуктивность, взаимная индуктивность	генри	H	Гн	1 Гн = 1 м ² ·кг/(с ² · А ²)
Световой поток	люмен	lm	лм	1 лм = 1 кд·ср
Освещённость	люкс	lx	лк	1 лк = 1 кд·ср/м ²
Эквивалентная (эффективная) доза ионизирующего излучения	зиверт	Sv	Зв	1 Зв = 1 м ² /с ²

1.5.3 Примеры единиц первой и третьей групп приведены в таблице 3

Таблица 3

Величина, наименование	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		международное	русское
Площадь	квадратный метр	m ²	м ²
Объём, вместимость	кубический метр	m ³	м ³
Скорость	метр в секунду	m/s	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	m/s ²	м/с ²
Частота вращения	секунда в минус первой степени	s ⁻¹	с ⁻¹
Плотность	килограмм на кубический метр	kg/m ³	кг/м ³
Поверхностная плотность	килограмм на квадратный метр	kg/m ²	кг/м ²
Линейная плотность	килограмм на метр	kg/m	кг/м
Массовый расход	килограмм в секунду	kg/s	кг/с
Объёмный расход	кубический метр в секунду	m ³ /s	м ³ /с
Момент инерции	килограмм- метр в квадрате	kg·m ²	кг·м ²
Массовая концентрация компонента	килограмм на кубический метр	kg/m ³	кг/м ³
Молярная концентрация компонента	моль на кубический метр	mol/m ³	моль/м ³
Кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	m ² /s	м ² /с
Плотность электрического тока	ампер на квадратный метр	A/m ²	А/м ²
Магнитодвижущая сила (м.д.с.)	ампер	A	А
Напряжённость магнитного поля	ампер на метр	A/m	А/м
Яркость	кандела на квадратный метр	cd/m ²	кд/м ²
Угловая скорость	радиан в секунду	rad/s	рад/с
Момент силы	ньютон-метр	N·m	Н·м
Поверхностное натяжение	ньютон на метр	N/m	Н/м
Напряжённость электрического поля	вольт на метр	V/m	В/м
Диэлектрическая проницаемость	фарад на метр	F/m	Ф/м
Магнитная проницаемость	генри на метр	H/m	Гн/м

Магнитная проводимость	генри	Н	Гн
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	$\Omega \cdot m$	Ом·м
Удельная электрическая проводимость	сименс на метр	S/m	См/м
Удельная энергия	джоуль на килограмм	J/kg	Дж/кг
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	W/(m·K)	Вт/(м·К)
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Pa·s	Па·с
Энергетическая сила света, сила излучения	ватт на стерадиан	W/sr	Вт/ср

1.6 Единицы, не входящие СИ, но допускаемые к применению наравне с единицами СИ

1.6.1 Наряду с единицами СИ для некоторых системных физических величин настоящим стандартом допускается применение внесистемных единиц. Это оправдывается тем, что последние более удобны в практическом применении, особенно при измерениях, сложностью замены огромного числа средств измерений, отградуированных в них или просто в силу привычки. Эти единицы делятся на две группы: допущенные к постоянному и временному применению.

1.6.2 Постоянно допущено к применению 19 единиц, некоторые из них указаны в таблице 4.

Таблица 4

Величина, наименование	Единица			
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ
		международное	русское	
Масса	тонна	t	т	1000 кг
	атомная единица массы	u	а.е.м.	$1,6605402 \cdot 10^{-27}$ кг (в атомной физике)
Время	минута	min	мин	60 с
	час	h	ч	3600 с
	сутки	d	сут	86400 с
Плоский угол	градус	...°	...°	($\pi/180$) рад
	минута	...'	...'	($\pi/10800$) рад
	секунда	...''	...''	($\pi/6480000$) рад
	град (гон)	gon	град	($\pi/200$) рад (в геодезии)
Объём, вместимость	литр	l (L)	л	10^{-3} м^3
Оптическая сила	диоптрия	-	дптр	1 м^{-1} (в оптике)
Площадь	гектар	ha	га	10000 м^2 (в сельском и лесном хозяйстве)
Энергия	киловатт-час	kW·h	кВт·ч	$3,6 \cdot 10^6$ Дж (для счетчиков электроэнергии)
Полная мощность	вольт-ампер	V·A	В·А	1 Вт (в электротехнике)
Реактивная мощность	вар	var	вар	1 Вт (в электротехнике)
Электрический заряд, количество электричества	ампер-час	A·h	А·ч	3600 Кл (в электротехнике)

1.6.3 Постоянно допущены к применению также ряд единиц относительных и логарифмических величин, наиболее часто применяемые из них указаны в таблице 5.

Таблица 5

Величина, наименование	Единица			Значение
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Относительная величина	единица	1	1	1
	процент	%	%	$1 \cdot 10^{-2}$
	промилле	‰	‰	$1 \cdot 10^{-3}$
	миллионная доля	ppm	млн ⁻¹	$1 \cdot 10^{-6}$
Логарифмическая величина: уровень звукового давления, усиление, ослабление и т.п.	бел	В	Б	$1 \text{ Б} = \lg(P_2/P_1)$ при $P_2 = 10 P_1$ $1 = 2 \lg(F_2/F_1)$ при $F_2 = \sqrt{10} F_1$
	децибел	дВ	дБ	$1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}$
Логарифмическая величина: частотный интервал	октава	-	окт	$1 \text{ окт} = \log_2(f_2/f_1)$ при $f_2/f_1 = 2$
Логарифмическая величина: количество информации	бит	bit	бит	$1 \text{ бит} = \log_2 n$ при $n = 2$ (произошло одно событие при двух равновероятных)
	байт	В (byte)	Б (байт)	$1 \text{ Б} = 8 \text{ бит}$

1.6.4 Временно (до принятия соответствующего решения ГКМВ) допущено к применению 7 единиц, наиболее широко применяемые из них указаны в таблице 6.

Таблица 6

Величина, наименование	Единица			Соотношение с единицей СИ
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Длина	морская миля	n mile	миля	1852 м (морская навигация)
Скорость	узел	kn	уз	$0,514 \text{ м/с}$ (1 миля/ч)
Масса	карат	-	кар	$2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$ (в ювелирном деле)
Линейная плотность	текс	tex	текс	10^{-6} кг/м
Давление	бар	bar	бар	10^5 Па
Частота вращения	оборот в секунду	r/s	об/с	1 с^{-1}
	оборот в минуту	r/min	об/мин	$(1/60) \text{ с}^{-1}$

1.7 Единицы, подлежащие изъятию из употребления

1.7.1 Данный стандарт допускает к применению только те единицы физических величин, которые в нём прямо указаны или которые образуются по правилам, изложенным в нём. Однако, до введения в действие Международной системы единиц, а порой и после в практике находили и находят применения много других единиц. Так вот эти единицы подлежат изъятию из применения, по крайней мере, постепенному. Прямо эти единицы в стандарте не названы, но большинство из них включены в приложение В стандарта «Соотношение неко-

торых внесистемных единиц с единицами СИ». Часть из них, всё ещё применяемых некоторыми авторами публикаций и технических документов, перечислены в таблице 7.

Таблица 7

Величина, наименование	Наименование	.1		Соотношение с единицей СИ
		международное	русское	
Длина	ангстрем	Å	Å	$1 \cdot 10^{-10}$ м
	микрон		мк	$1 \cdot 10^{-6}$ м (1 мкм)
Площадь	ар (сотка)	a	a	100 м^2 (0,01 га)
Угол поворота	оборот	r	об	2π рад
Масса	центнер	q	ц	100 кг
Сила, вес	дина	dyn	дин	$1 \cdot 10^{-5}$ Н
	килограмм-сила	kgf	кгс	$\approx 9,81$ Н
	тонна-сила	tf	тс	≈ 9810 Н
Давление	килограмм-сила на квадратный сантиметр	kgf/cm ²	кгс/см ²	≈ 98100 Па
	миллиметр водяного столба	mm H ₂ O	мм вод. ст.	$\approx 9,81$ Па
	миллиметр ртутного столба	mm Hg	мм рт. ст.	≈ 133 Па
	атмосфера (техническая)	atm	атм	$\approx 101,3$ кПа
Напряжение механическое	килограмм-сила на квадратный миллиметр	kgf/mm ²	кгс/мм ²	$\approx 9,81$ МПа
Работа, энергия, количество теплоты	эрг	erg	эрг	$1 \cdot 10^{-7}$ Дж
	калория	cal	кал	$\approx 4,19$ Дж
	гигакалория	Gcal	Гкал	$\approx 4,19 \cdot 10^9$ Дж
	ньютон-метр	N·m	Н·м	1 Дж
Мощность	лошадиная сила	-	л.с.	≈ 735 Вт
	гигакалория в час	Gcal/h	Гкал/ч	$\approx 1,16 \cdot 10^6$ Вт
Динамическая вязкость	пуаз	P	П	0,1 Па·с
Кинематическая вязкость	стокс	St	Ст	$1 \cdot 10^{-4}$ м ² /с
Удельное электрическое сопротивление	ом-квадратный миллиметр на метр	$\Omega \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$	Ом·мм ² /м	$1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м
Магнитный поток	максвелл	Mx	Мкс	$1 \cdot 10^{-8}$ Вб
Магнитная индукция	гаусс	Gs	Гс	$1 \cdot 10^{-4}$ Тл
Магнитодвижущая сила	гильберт	Gb	Гб	$\approx 0,796$ А
	ампер-виток	At	Ав	1 А
Напряжённость магнитного поля	эрстед	Oe	Э	$\approx 79,6$ А/м
Объёмная или массовая доля	миллиграмм-процент	mg%	мг%	$1 \cdot 10^{-3}$ %
Доза гамма излучения	рентген	R	Р	$\approx 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг
Мощность дозы	рентген в секунду	R/s	Р/с	$\approx 2,58 \cdot 10^{-4}$ А/кг

излучения	миллирентген в час	R/h	P/ч	$\approx 0,929 \text{ А/кг}$
Яркость	нит	nt	нт	1 кд/м^2

1.8 Правила образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц

8.1 Наименования и обозначения кратных и дольных единиц в СИ образуют с помощью приставок и обозначений приставок в соответствии с десятичными множителями к значению величины. Множителей и, соответственно, приставок – 20, и ими охватывается диапазон числовых значений от 10^{-24} до 10^{24} . Множители и приставки, используемые в СИ, приведены в таблице 8.

Таблица 8

Десятичный множитель	Приставка	Обозначение приставки		Десятичный множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
10^1	дека	da	да	10^{-1}	деци	d	д
10^2	гекто	h	г	10^{-2}	санتي	c	с
10^3	кило	k	к	10^{-3}	милли	m	м
10^6	мега	M	М	10^{-6}	микро	μ	мк
10^9	гига	G	Г	10^{-9}	нано	n	н
10^{12}	тера	T	Т	10^{-12}	пико	p	п
10^{15}	пета	P	П	10^{-15}	фемто	f	ф
10^{18}	экса	E	Э	10^{-18}	атто	a	а
10^{21}	зетта	Z	З	10^{-21}	zepto	z	з
10^{24}	иотта	Y	И	10^{-24}	иокто	y	и

8.2 При использовании приставок должны соблюдаться ряд требований:

1) Приставку и её обозначение следует писать слитно с наименованием единицы и, соответственно, обозначением единицы, примеры: микрометр (мкм), килом (кОм).

2) Применение одновременно двух и более приставок к одному наименованию единицы не допускается, примеры: микромикрофарад (мкмкФ), сантикилограмм (скг).

3) Если единица образована как произведение или отношение других единиц, то приставку присоединяют к наименованию первой единицы, входящей в произведение или отношение, примеры: килоом-метр (кОм·м), а не ом-километр (Ом·км), грамм на литр (г/л), а не миллиграмм на миллилитр (мг/мл).

В ряде случаев в силу традиции или удобства применения допускается отступление от этого правила, например: тонна-километр (т·км), вольт на сантиметр (В/см), грамм на миллилитр (г/мл).

4) Наименование кратных и дольных единиц исходной единицы, возведённой в степень, следует образовывать, присоединяя приставку к наименованию исходной единицы и возводя в нужную степень полученную таким образом кратную или дольную единицу, примеры: квадратный километр (км^2), а не килоквадратный метр ($\text{к}(\text{м}^2)$), кубический сантиметр (см^3), а не сантикубический метр ($\text{с}(\text{м}^3)$).

5) Общее правило применения кратных и дольных единиц определяется удобством их применения, так чтобы числовое значение величины не было громоздким (с большим количеством нулей) и находилось в диапазоне от 0,1 до 1000. Если число в результате вычислений получается меньше 0,1, то переходят к дольным единицам, если больше 1000, то – к кратным. В некоторых случаях числовые значения даются в какой-то одной единице - исходной, кратной или дольной, даже если они выходят за пределы указанного диапазона, например, в таблицах. Применяют одну и ту же, притом дольную единицу – миллиметр, для

выражения линейных размеров в машиностроительных и строительных чертежах. В стандарте (приложение Г) указаны рекомендуемые для применения кратные и дольные единицы СИ.

Для снижения вероятности ошибок при расчётах кратные и дольные единицы желательно подставлять только в конечный результат, а в процессе вычислений все величины выражать в исходных единицах СИ, заменяя приставки множителями в виде числа 10 в нужной степени. Более того, уравнения связи между величинами (формулы) следует составлять только в расчёте на использование исходных единиц, например, уравнение связи для скорости следует записать в виде

$$v=s/t,$$

где v – скорость, м/с; s – расстояние, м; t – время, с.

При необходимости выразить скорость в единице «километр в час (км/ч)» полученный при расчёте результат пересчитывается с использованием соответствующего соотношения размеров этих двух единиц: $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/ч}$.

1.9 Правила написания обозначений единиц

1.9.1 Использование обозначений (кратких написаний) наименований единиц приносит пользу при обращении со значениями величин только в том случае, если они единообразны, обоснованы и образованы по единым правилам. В СИ (в стандарте) таких правил всего 12; ниже даны эти правила в кратком изложении.

1) В качестве обозначений используют буквы или специальные знаки (...°, %); буквенных обозначений в России и странах СНГ используется два вида: международное (латинский и греческий алфавиты) и русское (русский алфавит). В обозначения единиц, представляющих собой степень (положительную или отрицательную) исходной единицы, входят арабские цифры и знак «минус»: м^2 , с^{-1} . В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят: м, мин, Па, кал.

Допускается сочетание букв и специальных знаков в одном обозначении, примеры: $5^\circ/\text{с}$; $0,17 \text{ \%}/\text{мм}$.

Обозначения единиц, названных в честь известных учёных, пишутся с прописной буквы: А (ампер), Н (ньютон), Па (паскаль).

2) Буквенные обозначения печатаются прямым шрифтом, помещаются за числовым значением величины и в строку с ним с пробелом, но без переноса на другую строку: 10 м; 100 кВт, 20 °С, 75 %. Пробел не используется для знаков, приподнятых над строкой: 56°, 15', 30° 45'.

3) Если числовое значение представляет собой десятичную дробь, то обозначение единицы помещают за всеми цифрами: 423,06 м, 5,758°, 5° 45', 7'. Числовое значение в виде простой дроби с косой чертой, стоящее перед обозначением единицы, заключается в скобки: $(1/60) \text{ с}^{-1}$.

4) При написании значений величин с предельными симметричными отклонениями обозначения единицы проставляются или дважды – после числовых значений самой величины и её предельных значений, или один раз, при этом числовые значения заключаются в скобки: 100 кг ± 1 кг или $(100 \pm 1) \text{ кг}$. При обозначении диапазона значений величины нижним и верхним предельными значениями с использованием предлогов обозначение единицы применяется один раз: от минус 10 до 20 °С, от 180 до 250 В.

Недопустимо предельные отклонения, выраженные в относительной форме, суммировать со значением самой величины, т.е. писать, например, 100 кг ± 1 %; правильная запись – 100 кг с относительными предельными отклонениями ±1 %.

5) Не допускается применять обозначения единиц без числовых значений в тексте, а также в формулах за исключением трёх случаев: в заголовках граф и боковиков (строк) таблиц, у осей координат графиков и диаграмм, в пояснениях обозначений величин к формулам. Не допускается также вводить обозначения единиц в обозначения физических величин, например, потеря напряжения в сети $\Delta U\%$ (правильная запись – относительная потеря напряжения в цепи δU), или обозначения (да и сами наименования) единиц дополнять какими-то

пояснениями, например, содержание спирта 40 % об (т.е. 40 процентов объёмных), верная запись – объёмная доля спирта 40 %.

6) Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделяются точками на средней линии как знаками умножения. Не допускается использовать для этой цели знаки «×» и «*». В машинописных текстах точку можно ставить внизу строки. Примеры: Н·м, Па·с, Ом·м или Н.м, Па.с, Ом.м.

7) Буквенные обозначения единиц, входящие в отношение, разделяются знаком деления в виде горизонтальной или косой черты или обозначение единицы, входящей в знаменатель, размещается в одну строку с обозначением, входящим в числитель, но с проставлением отрицательной степени. При применении косой черты обозначения единиц в числителе и в знаменателе помещаются в строку, при этом произведение обозначений единиц в знаменателе заключается в скобки. Примеры: м/с, м·с⁻¹, кг/м³, кг·м⁻³, Вт/(м·К), Вт·м⁻¹·К⁻¹.

Если в наименование единицы входит выражение «в минус такой-то степени», то обозначение такой единицы не допускается изображать в виде дроби, например, секунда в минус первой степени (частота вращения), её правильное обозначение с⁻¹, а 1/с - неправильное; кельвин в минус первой степени (температурный коэффициент), К⁻¹ – правильно, 1/К – неправильно.

8) При написании производной единицы, состоящей из двух и более других единиц, не допускается одновременное использование обозначений и наименований этих единиц, примеры: 80 км/час (правильно – 80 километров в час или 80 км/ч), 5 В на метр (правильно – 5 вольт на метр или 5 В/м), 20 кВт·час (правильно – 20 киловатт-час или 20 кВт·ч), 10 оборотов в сек (правильно – 10 оборотов в секунду или 10 об/с).

9.2 Несоблюдение указанных правил приводит к неправильному написанию обозначений единиц и, как следствие, к недоразумениям и ошибкам, порой, тяжёлым. Ниже даны примеры типичных ошибок в написании обозначений единиц (в скобках дано правильное написание): 100 гр. (100 г), 5 сек. (5 с), 12 час (12 ч), 40 км/час (40 км/ч), 45 мин. (45 мин), 12 час. 15 мин. (12 ч 15 мин), 25 град. (25 °С), 300 °К (300 К), 82 Нм (82 Н·м или 82 нм), 100м (10 Ом или 100 м), 25 Вт·с (25 Дж), 16 Н/м² (16 Па), 40 кВт/час (40 кВт·ч), концентрация 20 мг/100 г (массовая доля 0,2 ‰), температура в пределах 5 °С – 10 °С (температура в пределах 5 – 10 °С), количество топлива 56 т.у.т. (масса условного топлива 56 т), длина ткани 12 пог. м (погонная длина ткани 12 м).

1.10 Рекомендации по применению наименований физических величин

1.10.1 Данные рекомендации даны не в изучаемом стандарте, а в рекомендациях Госстандарта СССР РД 50-160 – 79. Необходимость таких рекомендаций вызвана разнообразием, неточностями и ошибками в наименованиях величин, что часто приводит к непониманию в среде специалистов, а то и к неверным выводам и расчётам. Эти рекомендации изложены далее.

1.10.2 Наименование ФВ должно точно и однозначно отражать сущность отображаемого им свойства объекта. Как правило, для каждой ФВ следует применять одно наименование (термин); наименование большинства используемых ФВ стандартизовано, примеры: стандарты ИСО 31, данный стандарт, ГОСТ 1494-77 «Электротехника. Буквенные обозначения основных величин». В ряде случаев допускается применение разных наименований одной и той же ФВ в силу глубокой традиции или при необходимости выделить какую-то специфическую сторону величины, примеры: энергия, работа, количество теплоты; электрическое напряжение, электрический потенциал, электродвижущая сила; поток магнитной индукции, магнитный поток; электрический заряд, количество электричества; сила, вес, натяжение.

1.10.3 В наименованиях ФВ и в их определениях не следует употреблять наименование или обозначение единиц этих величин, примеры: процентное отклонение (относительное отклонение), метраж (длина или площадь), калорийность (теплотворная способность, энергетическая ценность), плотность – масса 1 м³ (плотность – отношение массы тела к его объёму), процентное содержание (массовая или объёмная доля).

1.10.4 Следует чётко различать две близкие величины: угловая скорость и частота вращения. Угловая скорость – мгновенное изменение угла поворота тела во времени da/dt и её единица в СИ [рад/с]; частота вращения – отношение числа циклов (полных оборотов) вращения тела к времени, за которое эти циклы осуществились, $\Delta n/\Delta t$ и её единица в СИ [с⁻¹].

1.10.5 Следует различать величины (понятия) «объём» и «вместимость»; объём - пространство, занимаемое телом или веществом, пусть даже это тело будет содержать внутреннюю полость, т.е. быть сосудом; вместимость – объём внутреннего пространства сосуда. Пример правильного применения этих понятий: в сосуде вместимостью 5 м³ находится жидкость в объёме 4,5 м³.

Термин «ёмкость» в качестве наименования ФВ применять не следует: ёмкость - синоним сосуду. Применим он только в сочетании «электрическая ёмкость».

1.10.6 Наряду с ФВ плотность (плотность массы) тела [кг/м³] находят применения такие её разновидности как поверхностная плотность [кг/м²] (неверно «масса 1 м²») – характеристика плоских тел (лист, бумага, плёнка) и линейная плотность [кг/м] (неверно «масса 1 погонного метра») – характеристика длинномерных тел (нить, проволока, пруток).

1.10.7 Плотность (m/V) и удельный вес (G/V) – это разные ФВ и их следует строго различать.

1.10.8 Необходимо чётко различать и такие ФВ как массовая (m_i/m [%]) и объёмная (V_i/V [%]) доли, массовое ($m_i/(m-m_i)$ [%]) и объёмное ($V_i/(V-V_i)$ [%]) отношения, массовая (m_i/V [кг/м³]) и молярная ($n(x_i)/V$ [моль/м³]) концентрации i -го компонента в смеси или растворе.

1.10.9 «Удельная» ФВ – это отношение какой-либо величины объекта измерения к его массе: удельная теплоёмкость тела [Дж/кг], удельная мощность двигателя [Вт/кг]. Есть несколько исключений: удельное электрическое сопротивление [Ом·м], удельная электрическая проводимость [См/м], удельный вес [Н/м³].

Тема № 2 «Применение размерностей физических величин»

2.1 Цель и задачи практического занятия

Закрепить основные понятия и получить навыки по определению и применению размерностей физических величин для решения практических задач.

2.2 Краткие теоретические сведения по теме

Размерность физической величины – это выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных физических величин в различных степенях, отражающее связь производной физической величины с физическими величинами, принятыми в данной системе величин за основные. При этом основным величинам также приписывается условно размерность в отношении самих себя, обозначаемая принятым для неё символом. Размерность в наиболее общей и наглядной форме отражает связь между величинами, установленную физическими законами. Размерность физической величины не следует отождествлять с её единицей: это разные понятия, хотя в некоторых случаях обозначение единиц может по форме совпадать с размерностью.

Согласно международному стандарту ИСО 31/0 размерности основных величин обозначаются прописными буквами латинского и греческого алфавитов в следующем виде: длина – L, масса – M, время – T, сила электрического тока – I, температура – Θ , количество вещества – N, сила света – J.

Размерность производных величин обозначается знаком dim (от английского *dimension* - размерность) и в общем случае записывается в виде

$$\dim X = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \Theta^{\epsilon} N^{\eta} J^{\zeta},$$

где $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \eta, \zeta$ – показатели размерностей (степени) основных величин, входящих в одночлен, в зависимости от связи рассматриваемой величины с основными, которые могут быть целыми, дробными, положительными и отрицательными числами. В размерность конкретной производной величины входят размерности не всех основных величин, а только тех, которые входят в соответствующее физическое уравнение связи. Если уравнение связи для какой-либо величины представляет собой отношение однородных величин, т.е. она является относительной (коэффициенты редукции и трансформации, к.п.д., относительные плотность, диэлектрическая и магнитная проницаемости, коэффициент мощности и т.п.), то эта величина оказывается безразмерной или, другими словами, её размерность равна единице, поскольку в этом случае степени размерностей основных величин становятся равными нулю. Безразмерными величинами являются также математические постоянные (π , e), числовые коэффициенты в базовых уравнениях связи физических величин (например, $l = 2\pi r$, $E = mv^2/2$), величины, выражаемые порядковыми числами (число витков катушки, число оборотов вала, число пар полюсов электрической машины и т.п.).

Над размерностями можно производить математические действия умножения, деления, возведение в степень и извлечение корня в соответствии с уравнениями связи между физическими величинами.

Наличие и использование размерностей позволяют решать такие метрологические и общезначимые задачи как:

- перевод единиц одной системы в единицы другой системы одной и той же физической величины;
- проверка правильности уравнений связи, полученных путём математических выкладок или эмпирическим подбором;
- установление аналогий между физическими величинами разной природы (механических, электрических, тепловых и др.), что находит применение, например, при физическом моделировании процессов одной природы процессами другой.

2.3 Определение размерностей наиболее часто применяемых физических величин

Размерности большинства физических величин даны в физических или метрологических справочниках. Однако, при необходимости, они могут быть выведены самостоятельно, для чего необходимо знать соответствующие уравнения связи. В таблице 1 даны примеры определения размерностей ряда физических величин.

Таблица 9

Производная величина	Уравнение связи	Размерность
Площадь	$S = l^2$	$\dim S = \dim l^2 = L^2$
Объём	$V = l^3$	$\dim V = \dim l^3 = L^3$
Скорость линейная	$v = l/t$	$\dim v = \dim l / \dim t = L T^{-1}$
Ускорение	$a = v/t$	$\dim a = \dim v / \dim t = L T^{-1} \cdot T^{-1} = L T^{-2}$
Угол поворота	$\varphi = l/r$	$\dim \varphi = \dim l / \dim r = L \cdot L^{-1} = 1$
Скорость угловая	$\omega = \varphi/t$	$\dim \omega = \dim \varphi / \dim t = 1/T = T^{-1}$
Плотность	$\rho = m/V$	$\dim \rho = \dim m / \dim V = M/L^3 = L^{-3} M$
Плотность электрического тока	$j = I/S$	$\dim j = \dim I / \dim S = I/L^2 = L^{-2} I$
Частота	$f = 1/T$	$\dim f = 1/\dim T = T^{-1}$
Момент инерции	$I = mr^2$	$\dim I = \dim m \cdot \dim r^2 = M \cdot L^2 = L^2 M$
Сила	$F = ma$	$\dim F = \dim m \cdot \dim a = M \cdot L T^{-2} = L M T^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$p = F/S$	$\dim p = \dim F / \dim S = L M T^{-2} / L^2 = L^{-1} M T^{-2}$
Вращающий момент	$M = Fr$	$\dim p = \dim F \cdot \dim r = L M T^{-2} \cdot L = L^2 M T^{-2}$
Энергия, работа	$W = Fs$	$\dim W = \dim F \cdot \dim s = L M T^{-2} \cdot L = L^2 M T^{-2}$
Мощность	$P = W/t$	$\dim P = \dim W / \dim t = L^2 M T^{-2} / T = L^2 M T^{-3}$
Электрический заряд	$Q = It$	$\dim Q = \dim I \cdot \dim t = I \cdot T = T I$
Электрическое напряжение, потенциал, э.д.с.	$P = UI \rightarrow$ $U = P/I$	$\dim U = \dim P / \dim I = L^2 M T^{-3} / I = L^2 M T^{-3} I^{-1}$
Электрическое сопротивление	$R = U/I$	$\dim R = \dim U / \dim I = L^2 M T^{-3} I^{-1} / I = L^2 M T^{-3} I^{-2}$
Электрическая ёмкость	$X_C = 1/\omega C \rightarrow$ $C = 1/\omega X_C$	$\dim C = 1/\dim \omega \cdot \dim X_C = 1/T^{-1} \cdot L^2 M T^{-3} I^2 = L^2 M^{-1} T^4 I^2$
Индуктивность	$X_L = \omega L \rightarrow$ $L = X_L/\omega$	$\dim L = \dim X_L / \dim \omega = L^2 M T^{-3} I^2 / T^{-1} = L^2 M T^{-2} I^2$
Магнитная индукция	$F = I B l$ (сила Ампера) $\rightarrow B = F/Il$	$\dim B = \dim F / \dim I \cdot \dim l = L M T^{-2} / I \cdot L = M T^{-2} I^{-1}$
Магнитный поток	$\Phi = B S$	$\dim \Phi = \dim B \cdot \dim S = M T^{-2} I^{-1} \cdot L^2 = L^2 M T^{-2} I^{-1}$
Магнитодвижущая сила	$\Theta = I w$	$\dim \Theta = \dim I \dim w = I \cdot 1 = I$
Напряжённость магнитного поля	$H = \Theta/l$	$\dim H = \dim \Theta / \dim l = I/L = L^{-1} I$
Удельное количество теплоты	$q = W/m$	$\dim q = \dim W / \dim m = L^2 M T^{-2} / M = L^2 T^{-2}$
Теплоёмкость	$C = W/\Delta T$	$\dim C = \dim W / \dim \Delta T = L^2 M T^{-2} / \Theta = L^2 M T^{-2} \Theta^{-1}$
Теплопроводность	$\lambda = C v/S$	$\dim \lambda = \dim C \cdot \dim v / \dim S = L^2 M T^{-2} \Theta^{-1} \cdot L T^{-1} / L^2 = L M T^{-3} \Theta^{-1}$
Массовая концентрация	$\rho_B = m_B/V$	$\dim \rho_B = \dim m_B / \dim V = M/L^3 = L^{-3} M$
Молярная концентрация	$c_B = n_B/V$	$\dim c_B = \dim n_B / \dim V = N/L^3 = L^{-3} N$
Световой поток	$\Phi_V = I_V \Omega$	$\dim \Phi_V = \dim I_V \cdot \dim \Omega = J \cdot 1 = J$
Освещённость	$E_V = \Phi_V/S$	$\dim E_V = \dim \Phi_V / \dim S = J/L^2 = L^{-2} J$

2.4 Примеры проверки методом размерности правильности уравнений связи

Пример 1.

Закон Джоуля-Ленца – энергия W , выделяемая в проводнике сопротивлением R протекаемым током I за время t : $W = I^2 R t$.

Решение. Устанавливают размерности всех величин, входящих в уравнение, используя данные таблицы 1: $\dim W = L^2 M T^{-2}$; $\dim I = I$; $\dim R = L^2 M T^{-3} I^{-2}$; $\dim t = T$. Далее определяют размерность энергии, подставляя в правую часть уравнения вместо обозначений величин их размерности и производя соответствующие алгебраические преобразования:

$$\dim W = (\dim I)^2 \cdot \dim R \cdot \dim t = I^2 \cdot L^2 M T^{-3} I^{-2} \cdot T = L^2 M T^{-2}.$$

Вывод: получена первоначально указанная размерность энергии, что говорит о правильности проверяемого уравнения связи. Подобным образом можно подтвердить окончательно правильность только тех уравнений связи, которые не содержат безразмерных величин. Подобная проверка уравнений с безразмерными величинами полной гарантии их правильности не даёт, но установление неправильности обеспечивается полностью.

Пример 2.

Кинематическая энергия движущегося тела: $W = m v^2 / 2$.

Решение. Размерности величин, входящих в уравнение связи: $\dim W = L^2 M T^{-2}$; $\dim m = M$; $\dim v = L T^{-1}$. Определяют размерность энергии способом, описанном в примере 1: $\dim W = M \cdot (L T^{-1})^2 = L^2 M T^{-2}$.

Вывод: уравнение, скорее всего, правильное, но в данном случае не проверяется наличие или отсутствие в уравнении безразмерного коэффициента $1/2$.

Пример 3.

Ёмкость конденсаторов C , подключаемых параллельно индуктивно-резистивной нагрузке в электрических цепях для увеличения коэффициента мощности со значения $\cos \varphi_k$ до значения $\cos \varphi_0$, рассчитывается по формуле

$$C = \frac{P}{\omega U} (\operatorname{tg} \varphi_k - \operatorname{tg} \varphi_0),$$

где P – потребляемая нагрузкой активная мощность;

ω – угловая частота;

U – напряжение на нагрузке.

Решение. Размерности величин, входящих в уравнение связи: $\dim C = L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$; $\dim P = L^2 M T^{-3}$; $\dim \omega = T^{-1}$; $\dim U = L^2 M T^{-3} I^{-1}$; $\dim \operatorname{tg} \varphi = 1$. Определяют размерность ёмкости выше описанным способом: $\dim C = L^2 M T^{-3} / T^{-1} \cdot L^2 M T^{-3} I^{-1} = T I$.

Вывод: совпадения размерностей нет, следовательно, уравнение неверно. Сопоставляя правильную и неправильную размерности ёмкости, можно прийти к выводу, что ошибка в формуле в том, что напряжение указано в первой степени, а надо во второй.

2.4 Установление аналогий между разнородными физическими величинами

Наиболее часто возникает необходимость установления аналогий между механическими и электрическими величинами. Установление аналогий основывается на том, что три физические величины – энергия, мощность и время – являются тождественными во всех формах движения материи. Подтверждение тому – одна и та же размерность названных величин во всех разделах физики, в том числе механических и электрических. Для установления аналогий между другими величинами необходимо подобрать уравнения связи, например, энергии с другими величинами, имеющие одинаковую структуру как для механических, так и электрических величин.

В наибольшей степени этому отвечают уравнения связи для кинетической энергии движущегося тела и энергии магнитного поля катушки с током:

$$W_K = \frac{mv^2}{2} \quad \text{и} \quad W_E = \frac{LI^2}{2}.$$

Из сопоставления этих двух формул можно с достаточной достоверностью заключить, что аналогичными являются скорость v и сила тока I , масса m и индуктивность L .

Из сопоставления уравнений связи для механической и электрической мощностей

$$N = Fv \quad \text{и} \quad P = UI$$

следует, что аналогичными величинами являются также сила F и напряжение U . Подбирая подобным образом одинаковые по структуре уравнения связи, можно установить аналогию и других пар механических и электрических величин. В таблице 2 приведены аналогии между наиболее встречающимися величинами.

Таблица 10

Механические величины		Электрические величины	
Наименование и обозначение	Уравнение связи	Наименование и обозначение	Уравнение связи
Скорость, v		Сила тока, I	
Длина, l	$l = vt$	Заряд, Q	$Q = It$
Ускорение, a	$a = dv/dt$	(Скорость изменения тока), $?$	$? = di/dt$
Масса, m	$m = 2W_K / v^2$	Индуктивность, L	$L = 2W_E / I^2$
Сила, F	$F = ma$	Напряжение, U	$U = L di/dt$
(Механическое) сопротивление, ($R_{\text{мех}}?$)	$R_{\text{мех}} = F / v$	Сопротивление, R	$R = U / I$
Упругость, c (чаще применяется обратная величина – жёсткость k)	$c = \Delta l / F$ $k = F / \Delta l$	Ёмкость, C	$C = Q / U$
Энергия сжатой (растянутой) пружины,	$W_{\text{пр}} = F^2 c / 2$	Энергия электрического поля конденсатора,	$W_C = U^2 C / 2$
Количество движения, p	$p = mv$	Магнитный поток, Φ	$\Phi = LI$
Период колебаний маятника с упругой связью, T	$T = 2\pi \sqrt{mc} = 2\pi \sqrt{m/k}$	Период колебаний в LC-контуре, T	$T = 2\pi \sqrt{LC}$

Как видно, аналогию можно установить между многими механическими и электрическими величинами, но не всеми. Так нет электрических аналогов таким механическим величинам как площадь и объём (l^2, l^3), давление (F/l^2), плотность (m/l^3), и, наоборот, нет механических аналогов у таких электрических величин как напряжённость электрического поля (U/l), плотность тока (I/l^2). Тем не менее, имеющиеся аналогии позволяют сопоставлять процессы разнородной природы, познавать одни процессы и явления через другие, осуществлять моделирование, как правило, механических процессов электрическими, как более гибкими и легче реализуемыми.

Задания к практическому занятию

Вариант задания - порядковый номер в списке студентов группы

Задание 1 Определение размерности физических величин; вес 0,10

Определить размерности указанных в таблице вариантов производных физических величин, указать их условные обозначения и допущенные к применению единицы.

Вариант	Наименование величин
1	сила, момент пары сил, напряжение механическое, освещенность, угол телесный
2	напряжение электрическое, плотность, теплоемкость, угловая скорость, энергия
3	вязкость динамическая, вес, емкость электрическая, яркость, модуль Юнга
4	мощность, модуль сдвига, намагниченность, объем, плотность поверхностная
5	вес удельный, вязкость кинематическая, жесткость, заряд электрический, частота
6	емкость аккумулятора, ускорение, теплопроводность, э.д.с., расход массовый
7	плотность оптическая, энтропия, энергия кинетическая, частота угловая, работа
8	расход объемный, проводимость электрическая, площадь, плотность линейная, момент инерции
9	количество теплоты, индукция магнитная, жесткость, давление, вместимость
10	доза излучения, отношение массовое, частота вращения, сопротивление электрическое, м.д.с.
11	число волновое, энергия удельная, светимость, отношение объемное, сопротивление магнитное
12	импульс, показатель преломления, индуктивность, концентрация массовая, мощность удельная
13	напряженность магнитного поля, поток световой, скорость объемная, энтальпия, доля массовая
14	натяжение поверхностное, доля молярная, теплота сгорания, поток магнитный, объем удельный
15	подача объемная, коэффициент трения, вектор Пойтинга, добротность, ускорение угловое
16	сопротивление механическое, сила коэрцитивная, сжимаемость, постоянная Планка, скольжение
17	угол плоский, энтропия удельная, температуропроводность, скорость, прочность удельная
18	работа удельная, угол потерь, проницаемость диэлектрическая абсолютная, импульс силы, керма
19	концентрация молярная, к.п.д., постоянная Больцмана, модуль объемного сжатия, поток тепловой
20	сопротивление электрическое удельное, масса молярная, магнитная постоянная, проницаемость магнитная относительная, жесткость удельная
21	проводимость электрическая удельная, теплоемкость молярная, градиент температуры, мощность поглощенной дозы, коэффициент поглощения
22	проницаемость магнитная абсолютная, угол сдвига, сила оптическая, теплота сгорания удельная, плотность электрического тока
23	коэффициент размагничивания, количество теплоты удельное, коэффициент теплопередачи, градиент давления, магнетон Бора
24	коэффициент линейного расширения температурный, объем молярный, плотность электрического заряда поверхностная, постоянная Авогадро, уровень звукового давления

Задание 2 Проверка правильности уравнений связи физических величин (формул) методом размерностей; вес 0,1

Предложенные в таблице варианты уравнения связи, выражения, расчетные формулы могут (что не редко может иметь место в действительности) содержать неточности, быть ошибочными, искаженными. Требуется установить правильность или неправильность предложенного уравнения, используя алгебраические преобразования выражений, составленных из размерностей задействованных в уравнении величин. В случае неправильности уравнения дать его правильное написание.

Вариант	Уравнение связи
1	Энергия магнитного поля катушки с током $W_M = LI / 2$
2	Период колебания математического маятника $T = 2\pi\sqrt{g/l}$
3	Емкость плоского конденсатора $C = \epsilon_0 \epsilon S / d^2$
4	Закон всемирного тяготения $F = \gamma m_1 m_2 / R$
5	Эквивалентное сопротивление двух параллельных ветвей электрической цепи $R_{\text{экв}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$
6	Уравнение Менделеева-Клапейрона $pV = \frac{m}{\mu} RT^2$
7	Кинетическая энергия $E_k = m^2 v / 2$
8	Удельное электрическое сопротивление цилиндрического проводника $\rho = \frac{\pi d R}{4l}$
9	Комплексное сопротивление электрической цепи $Z = R + j(1/\omega L - \omega C)$
10	Уравнение связи при косвенном измерении динамической вязкости жидкости методом падения шара $\eta = \frac{2g(\rho - \rho_{\text{жс}})r^2}{9h} t,$
11	Энергия заряженного конденсатора $W_3 = C^2 U^2 / 2$
12	Сила земного тяготения $F_T = \gamma mM / R^2$
13	Период свободных колебаний в электрическом контуре $T = 2\pi\sqrt{L/C}$
14	Потенциальная энергия тела у поверхности Земли $E_{\text{п}} = mgh^2$
15	Индуктивное сопротивление катушки индуктивности $X_L = 2\pi f L^2$
16	Сила Лоренца $F = Qv^2 B \sin\alpha$
17	Э.д.с. самоиндукции $E = -L^2 di/dt$
18	Электромагнитный момент машины постоянного тока $M = c_M I_{\text{я}} / \Phi$
19	Закон Джоуля-Ленца $W = IRt$
20	Момент на валу двигателя $M = P\omega$
21	Момент инерции шара $J = 0,4mr^3$
22	Магнитный поток в магнитопроводе $\Phi = BS \cos\alpha$
23	Давление, создаваемое столбом жидкости $p = \rho H$
24	Волновое сопротивление электрической цепи $\rho = \sqrt{LC}$

Задание 3 Применение кратных и дольных приставок в наименованиях и обозначениях единиц величин; вес 0,05

Приведенные в таблице варианты значения величин представить в виде с использованием кратных и дольных единиц, указав их наименование и обозначение как международное, так и русское.

Вариант	Значения величин	Вариант	Значение величин
1	$25 \cdot 10^{-5}$ Ф; 0,066 м; $357 \cdot 10^3$ В	13	$25 \cdot 10^5$ м ² ; 0,066000 См; $357 \cdot 10^3$ Вт
2	$5 \cdot 10^{-6}$ м; 0,0024566 кг; $57 \cdot 10^8$ Па	14	$5 \cdot 10^{-6}$ м; 0,0024566 м ³ ; $57 \cdot 10^8$ Па·с
3	$45 \cdot 10^{-5}$ Гн; 0,0046 м; $1,35 \cdot 10^6$ А	15	$45 \cdot 10^{-5}$ Гн; 0,0046 кг/м ³ ; $1,35 \cdot 10^9$ А/м ²
4	$65 \cdot 10^{-5}$ Ом; 0,00006 Вт; $3,7 \cdot 10^4$ Н	16	$6,5 \cdot 10^{-16}$ Ом; 0,00006 Вт/м ² ; $23,7 \cdot 10^{-14}$ Н
5	$25 \cdot 10^{-14}$ Кл; 0,0076 м/с; $57 \cdot 10^{-7}$ Вб	17	$25 \cdot 10^{-14}$ лм; 763000 м/с; $77 \cdot 10^{13}$ В
6	$2,5 \cdot 10^{-8}$ Дж; 62600 кг; $3,7 \cdot 10^{21}$ Гц	18	$2,5 \cdot 10^8$ Дж; 62,600 кг; $3,7 \cdot 10^{21}$ м/с
7	$2,5 \cdot 10^{-8}$ Ф; 0,2066 м; $3,57 \cdot 10^{10}$ В	19	$0,25 \cdot 10^{-5}$ Ф; 0,000066 м; $35,7 \cdot 10^8$ В
8	$573 \cdot 10^{-13}$ м; 0,24566 кг; $5,7 \cdot 10^{14}$ Па	20	$5 \cdot 10^{-6}$ м; 0,0024566 кг; $57 \cdot 10^8$ Па
9	$45 \cdot 10^{15}$ Гц; 0,00006 В; $1,35 \cdot 10^6$ м/с	21	$45 \cdot 10^{-5}$ Гн; 0,0046 м; $1,35 \cdot 10^{17}$ А
10	$65 \cdot 10^{-5}$ л; 0,000046 м; $13,7 \cdot 10^4$ Н·м	22	$6,5 \cdot 10^3$ См; 0,00006 Вб; $3,7 \cdot 10^{14}$ Н
11	$25 \cdot 10^{-4}$ Кл; 0,00076 м/с; $570 \cdot 10^{-3}$ Вб	23	$25 \cdot 10^{-17}$ Кл; 0,00077 м/с ² ; $57 \cdot 10^{13}$ Вб
12	$2,5 \cdot 10^{18}$ Дж; 62600 т; $3,7 \cdot 10^{-13}$ Гн	24	$2,5 \cdot 10^{-18}$ Дж; 6260000 кг; $3,7 \cdot 10^{21}$ Гц

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каковы назначение и область распространения ГОСТ 8.417 – 2002 «ГСИ. Единицы величин»?
- 2 Что положено в основу изучаемого стандарта?
- 3 Какие общие положения и требования в отношении единиц ФВ установлены изучаемым стандартом?
- 4 Что такое система единиц ФВ, каков основной принцип её построения?
- 5 Как называется система единиц, положенная в основу изучаемого стандарта, и кем и когда она была принята?
- 6 Какие единицы в данной системе являются основными и каково их определение?
- 7 На какие группы разделены производные единицы и по какому признаку?
- 8 Что такое наименование и обозначение единиц, в чём их совпадение и различие?
- 9 Почему и зачем стандартом допускается применение внесистемных единиц, что это за единицы?
- 10 Каким образом следует поступать со «старыми» единицами, применение которых не предусмотрено изучаемым стандартом, что это за единицы?
- 11 В чём необходимость и полезность использования кратных и дольных единиц, по какому принципу они образуются?
- 12 Каковы основные правила образования и применения обозначений единиц и в чём их необходимость?
- 13 Что представляет собой система физических величин?
- 14 Существуют ли физические величины, не входящие в систему, и если да, то почему? Найдите примеры таких величин.
- 15 Что такое размерность физической величины и с какой целью она применяется?
- 16 Все ли системные физические величины имеют размерность, и если нет, то почему?
- 17 Имеют ли внесистемные физические величины размерность? Свой ответ обоснуйте.
- 18 В чём сходство и различие размерности и единицы физической величины?
- 19 На основании чего и по каким правилам устанавливаются размерности производных величин?
- 20 Могут ли разные физические величины иметь одну и ту же размерность? Если да, то найдите примеры.
- 21 Что такое аналогия физических величин из разных областей естествознания, в чём она заключается и чем обосновывается?
- 22 Каково практическое применение аналогий между физическими величинами разной природы?