

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**СИСТЕМА
ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

Учебное пособие для вузов

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2017

1. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Величины СИ и их размерности - длина (метр, м), масса (килограмм, кг), время (секунда, с), электрический ток (ампер, А), термодинамическая температура (градус Кельвина, К), количество вещества (моль) и сила света (кандела, кд). Остальные единицы - их производные. Например, площадь, объем, скорость, плотность и др. Некоторые производные единицы СИ, имеющие специальные наименования в сфере дозиметрии и радиоактивности, приведены в **Табл.1**, некоторые примеры произвольных единиц СИ - в **Табл.2**, а внесистемные единицы, допустимые к применению наравне с единицами СИ - в **Табл.3**, а соотношение некоторых внесистемных единиц с единицами СИ - в **Табл. 5**.

Табл.1. Единицы СИ, имеющие специальные наименования.

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и производные единицы СИ
			Международное	русское	
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	L^2MT^{-3}	ватт	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Электрический заряд, количество электричества	TI	кулон	C	Кл	$s \cdot A$

Табл. 4. Множители и приставки, используемые для образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц СИ

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

Табл. 5. Соотношение некоторых внесистемных единиц с единицами СИ

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ
		международное	русское	
Длина	ангстрем	Å	Å	$1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Работа, энергия	эрг	erg	эрг	$1 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ (точно)
Количество теплоты, термодинамический потенциал	калория	cal	кал	4,1868 J (точно)
Поглощенная доза ионизирующего излучения, керма	рад	rad, rd	рад	0,01 Gy
Эквивалентная доза ионизирующего излучения, эффективная доза ионизирующего излучения	бэр	rem	бэр	0,01 Sv
Экспозиционная доза фотонного излучения (экспозиционная доза гамма- и рентгеновского излучений)	рентген		Р	$2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$
Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность радионуклида)	кюри	Ci	Ки	$3,70 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$
Длина	микрон	μ	мк	$1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Табл.6. Доли единиц

Величина	единиц СИ	рекомендуемых кратных и дольных единиц СИ
Энергия, работа	J; Дж (джоуль)	TJ; ТДж GJ; ГДж MJ; МДж kJ; кДж mJ; мДж
Поглощенная доза ионизирующего излучения, керма	Gy; Гр (грей)	TGy; ТГр GGy; ГГр MGy; МГр kGy; кГр mGy; мГр μ Gy; мкГр
Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность радионуклида)	Bq; Бк (беккерель)	EBq; ЭБк PBq; ПБк TBq; ТБк GBq; ГБк MBq; МБк kBq; кБк
Эквивалентная доза ионизирующего	Sv; Зв (зиверт)	mSv; мЗв

Эквивалентная доза ионизирующего Sv; Зв (зиверт) Sv; мЗв

излучения, эффективная доза ионизирующего излучения.

Беккерель (Bq): стандартная международная единица радиоактивности, равная одному распаду за секунду. Данное количество радиоактивных атомов имеет активность 1Бк, если в секунду распадается одно ядро. Каждый акт распада связан с эмиссией ионизирующего излучения. 1 Бк=1 расп/сек. Это - очень небольшая единица, равная примерно 27 пикокюри.

Кюри (Ci): традиционная (внесистемная) единица измерения радиоактивности, равная радиоактивности 1 грамма чистого радия. Она эквивалентна 37 млрд. распадов в секунду (37 млрд. беккерелей). $1\text{Ки}=3,7 \cdot 10^{10} \text{ расп/сек} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Рад: внесистемная единица измерения поглощенной дозы радиации, определяемой как накопление 100 эргов энергии на 1 грамм ткани.

Грей (Gy): Международная единица поглощенной дозы, равная 100 рада.

1 Кл/кг - единица экспозиционной дозы в системе СИ. Специального названия не имеет. Это такое количество гамма- или рентгеновского излучения, которое в 1 кг сухого воздуха образует $6,24 \cdot 10^{18}$ пар ионов, которые несут заряд в 1 кулон каждого знака. (1 кулон = $3 \cdot 10^9$ ед. СГСЭ = 0,1 ед. СГСМ). Физический эквивалент 1 Кл/кг равен 33 Дж/кг (для воздуха). Соотношения между рентгеном и Кл/кг следующие: $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ - точно. $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}$ - приблизительно.

Рентген: внесистемная единица экспозиционной дозы. Это такое количество гамма- или рентгеновского излучения, которое в 1 см^3 сухого воздуха (имеющего при нормальных условиях вес 0,001293 г) образует $2,082 \cdot 10^9$ пар ионов. Эти ионы несут заряд в 1 эл.-статическую единицу каждого знака (в системе СГСЭ), что в единицах работы и энергии (в системе СГС) составит около 0,114 эрг поглощённой воздухом энергии ($6,77 \cdot 10^4$ Мэв). (1 эрг = 10^7 Дж = $2,39 \cdot 10^{-8}$ кал). При пересчёте на 1 г воздуха это составит $1,610 \cdot 10^{12}$ пар ионов или 85 эрг/г сухого воздуха. Таким образом физический энергетический эквивалент рентгена равен 85 эрг/г для воздуха. (По некоторым данным он равен 83,8, по другим - 88,0 эрг/г). Единица рентген может быть использована до значения энергии 3 Мэв рентгеновского и гамма - излучений. От 1 рентгена неостные биологические ткани получают радиационное воздействие, равное примерно 1 раду.

Рем (радиационный эквивалент человека): единица измерения эквивалентной поглощенной дозы радиации, учитывающая различные пути передачи энергии от ионизирующей радиации тканям человеческого организма (известна также как относительная биологическая эффективность). В то время как в радах и греях измеряется накопление

энергии в тканях, ремы и зиверты измеряют биологический ущерб. В случае бета- и гамма-радиации рады и ремы равны друг другу. Однако, поскольку альфа-радиация наносит гораздо больший ущерб на единицу энергии, накопленной в живых тканях, измеренная в радах альфа-радиация должна быть умножена на равный 20 коэффициент с тем, чтобы получить результат в ремах. Указанный коэффициент 20 (называемый качественным фактором) принят в настоящее время, однако в будущем он может быть изменен в результате переоценки наносимого радиацией ущерба. В настоящее время ICRP рекомендует ограничение дозы в пределах 2 рем/год для персонала и 500 миллирем/год для населения.

Зиверт (Sv): Стандартная единица измерения эквивалентной поглощенной дозы, равной 100 ремам (по имени шведского ученого Зиверта (Я.М. Sievert) — первого председателя Международной комиссии по радиологической защите, МКРЗ). Это - единица эквивалентной и эффективной эквивалентной доз в системе СИ. 1 Зв равен эквивалентной дозе, при которой произведение величины поглощённой дозы в Гр_{ах} (в биологической ткани) на коэффициент W_R будет равно 1 Дж/кг. Иными словами, это такая поглощённая доза, при которой в 1 кг вещества выделяется энергия в 1 Дж. $1 \text{ Зв} = 1 * W_R = 1 \text{ Дж} / W_R = 100 \text{ рад} * W_R = 100 \text{ бэр}$. При $W_R=1$ (для рентгеновского, гамма-, бета-излучений, электронов и позитронов) 1 Зв соответствует поглощённой дозе в 1 Гр: $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад} = 100 \text{ бэр}$.

Человеко-зиверт: Доза для населения, определяемая как сумма индивидуальных доз населения определенной выборки.

Бэр — Биологический эквивалент рентгена, внесистемная единица эквивалентной дозы излучения - количество энергии любого вида, которое при поглощении в 1 г биологической ткани произведет биологическое