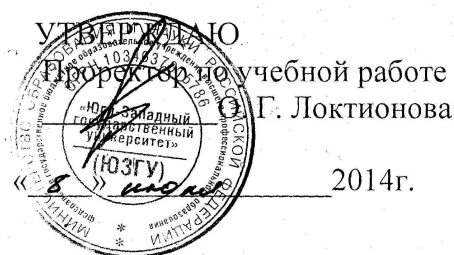


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ  
И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ**

Методические указания по выполнению  
лабораторных и самостоятельных работ  
по дисциплине «Вычислительные методы в химии»  
для студентов направления подготовки  
020201.65 «Фундаментальная и прикладная химия» и  
020100.62 «Химия»

Курск 2014

УДК 531.11

Составитель: Сазонова А.В.

Рецензент    доцент, к.х.н., доцент Борщ Н.А.

**Физические величины и единицы их измерения:** методические указания по выполнению лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Вычислительные методы в химии» для студентов направления подготовки 020100.62 «Химия» и специальности 020201.65 «Фундаментальная химия» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Сазонова. Курск, 2014, 26 с.: табл. 9. Библиогр.: 12 с.

Излагаются методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Вычислительные методы в химии». Приведены вопросы для самоконтроля, индивидуальные задания.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 020100.62 «Химия» и специальности 020201.65 «Фундаментальная химия»

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Форма 60x84 1/16.  
Усл. печ. л.    Уч.-изд.л.    Тираж 100 экз.    Заказ.    Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Лабораторная работа «Физические величины и единицы их измерения»	4
Практическая часть	9
Индивидуальные задания	10
Вопросы для самоконтроля	11
Список использованных источников	12
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Физические величины	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Единицы физических величин	18

## Лабораторная работа «Физические величины и единицы их измерения»

**Цель работы:** произвести измерение некоторых физических величин, ознакомление с терминами и методикой определения единиц некоторых параметров физических величин

### Порядок выполнения работы

1 Получить у преподавателя анализируемые образцы. Опишите их внешний вид.

2 Ознакомиться с техникой безопасности и правилами работы на измерительных приборах.

3 Определить пределы измерения и цену деления шкалы измерительных приборов. Заполните таблицу 1.

Таблица 1 - Пределы измерения и цена деления шкалы измерительных приборов

Средство измерения	Физическая величина, измеряемая прибором	Единица измеряемой величины	Предел измерения прибора	Блок пометок шкалы		
				Значение ближайших оцифрованных пометок	Количество делений между ближайшими оцифрованными пометками	Цена деления шкалы

Сделайте вывод, в котором укажите, что именно вы определяли и для чего могут понадобиться навыки, приобретенные вами во время выполнения данного пункта.

4. Проведите измерение не менее трех раз.

Опыт 4.1 Измерение массы

Цель: научиться работать с разными весами и с их помощью определять массу тел.

Оборудование: весы аналитические, рычажные и технические, набор гирь, пинцет, бюкс, колба с водой, тела для взвешивания.

На разных средствах измерения определите массу пустого бюкса ( $m_0$ ) и массу бюкса с образцом ( $m_1$ ). Вычислите массу образ-

ца ( $m$ ) как разность измеренных масс. Результаты измерения массы образца занесите в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерения массы образца

Средство измерения	$m_0$	$m_1$	$m$	
			г	кг
Весы технические				
Весы рычажные				
Весы аналитические				

Сделайте вывод, в котором необходимо указать, какую физическую величину и с помощью каких измерительных приборов вы проводили измерение анализируемого образца.

#### Опыт 4.2 Измерение времени

Цель: ознакомиться с принципом работы секундомера, метронома, научиться измерять промежутки времени с помощью различных физических приборов.

Оборудование: секундомер, метроном, часы с секундной стрелкой, пипетка или стеклянная трубка длиной 25-30 см, диаметром 7-8 мм, пластилин.

Закройте один конец стеклянной трубки пластилином. Наполните ее водой так, чтобы в трубке осталось немного воздуха. Закройте пластилином второй конец трубки и положите ее на стол. Слегка постучав по трубке, добейтесь, чтобы пузырек воздуха отделился от пластилина. Затем поднимите один конец трубки и положите его на тонкую тетрадь. Пузырек начнет медленно перемещаться вверх до тех пор, пока не достигнет противоположного конца трубки. Чтобы вернуть пузырек в исходное положение, поднимите конец трубки, лежащий на столе.

Измерьте время ( $t$ ) движения пузырька с помощью часов, метронома и секундомера. Результаты измерения времени занесите в таблицу 3.

Таблица - 3 Результаты измерения времени

Средство измерения	Время, с			
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_{cp}$
Секундомер				
Метроном				
Часы				

Сделайте вывод, в котором укажите, что измеряли, какой результат получили, каким из предложенных приборов целесообразнее пользоваться. Какие условия проведения эксперимента приводили к погрешностям и как можно усовершенствовать технику проведения эксперимента.

Опыт 4.3 Измерение линейных размеров тел и площади их поверхности

Цель: измерить линейные размеры бруска с помощью разных средств измерения, научиться определять площадь плоских фигур правильной и неправильной формы.

Оборудование: мерная лента, линейка, брусок деревянный, лист бумаги в клетку.

С помощью мерной ленты определите длину ( $l$ ), ширину ( $d$ ) и высоту ( $h$ ) бруска. Повторите все измерения, используя линейку. Пользуясь полученными данными, вычислите площадь поверхности большей грани бруска ( $S$ ). Результаты измерения линейных размеров бруска занесите в таблицу 4.

Таблица 4 - Результаты измерения линейных размеров бруска

Средство измерения	$l$ , см	$d$ , см	$h$ , см	$S$	
				см <sup>2</sup>	мм <sup>2</sup>
Мерная лента					
Линейка					

Положите брусок большей гранью на страницу тетради, обведите его. Аналогично поступите с меньшей гранью. Подсчитайте количество целых ( $n$ ) и нецелых ( $k$ ) квадратов внутри контура. Вычислите площадь грани бруска. Результаты вычисления площади грани бруска занесите в таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты вычисления площади грани бруска

Объект измерения	Площадь 1 квадрата, см <sup>2</sup>	Количество квадратов		S	
		n	k	см <sup>2</sup>	мм <sup>2</sup>
Большая грань					
Меньшая грань					

Сделайте вывод, в котором укажите, что именно вы измеряли, для чего вам могут пригодиться навыки, полученные при выполнении этой работы. Каким из приборов целесообразнее проводить такие измерения и почему? Укажите какой из способов определения площади фигуры является наиболее точным; как повысить точность измерений.

#### Опыт 4.4 Измерение объемов твердых тел

Цель: научиться определять объемы твердых тел правильной и неправильной формы.

Оборудование: мерный цилиндр с водой, тело неправильной формы, тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда, колба, стакан.

Для определения объема твердого тела неправильной формы необходимо налить в мерный цилиндр воду объемом ( $V_1$ ) так, чтобы в нее можно было погрузить тело, а вода не переливалась через край. Погрузить в воду тело и измерить общий объем воды вместе с телом ( $V_2$ ). Вычислить объем вытесненной телом воды как разность измерений до и после погружения ( $V$ ).

Для определения объема твердого тела правильной формы поступить аналогично. Кроме того измерить его линейные размеры и определить объем с помощью математических формул. Результаты измерения объема тел правильной и неправильной геометрической формы занесите в таблицу 6.

Таблица 6 - Результаты измерения объема тел правильной и неправильной геометрической формы

Наименование тела	$V_1, \text{см}^3$	$V_2, \text{см}^3$	V	
			см <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
Тело правильной геометрической формы				
Тело неправильной геометрической формы				

Сделайте вывод, в котором укажите, что научились измерять и для чего могут пригодиться навыки, полученные при выполнении работы. Проанализируйте различные способы измерения объёма. Укажите, какой из способов определения объёма твердого тела является более универсальным и почему. Какие факторы повлияли на точность полученных вами результатов?

Опыт 4.5 Определение плотности твердого тела и жидкости

Цель: определить плотность твердых тел и жидкости.

Оборудование: весы с разновесами; мерный цилиндр; линейка; исследуемые твердые тела (деревянный брусок и металлический цилиндр); стакан с исследуемой жидкостью.

Определите объем бруска с помощью линейки. Измерьте массу бруска с помощью весов. Вычислите плотность вещества, из которого изготовлен брусок.

Определите объем металлического тела с помощью мерного цилиндра. Измерьте массу металлического тела с помощью весов. Вычислите плотность металла, из которого изготовлено тело.

Измерьте массу стакана с исследуемой жидкостью. Перелейте жидкость в мерный цилиндр и определите ее объем. Взвесьте пустой стакан и вычислите массу исследуемой жидкости. Вычислите плотность исследуемой жидкости. Результаты определения плотности твердого тела и жидкости занесите в таблицу 7.

Таблица 7 - Результаты определения плотности твердого тела и жидкости

Исследуемое тело, жидкость	m, г	V, см <sup>3</sup>	ρ		Вещество
			г/см <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>	

Сделайте вывод, в котором необходимо указать факторы, которые могли повлиять на точность результатов. Пользуясь таблицами плотностей, определите название исследуемой жидкости, а также вещества, из которых изготовлены исследуемые тела.



## Практическая часть

Размерность физической величины ( $\dim$ ) - производная от dimension - размер, размерность (англ.) как и сама величина, не зависит от выбора единиц измерения.

Формула размерности скорости равномерного движения:  $\dim v = L \cdot T^{-1}$ ; ускорения:  $\dim a = L \cdot T^{-2}$ . Зная размерность ускорения, по определяющему уравнению силы  $F = ma$  получим  $\dim F = LMT^{-2}$  (в формулах размерностей символы следуют в следующем порядке: L, M, T, I, q, N, J).

Значение физической величины - это оценка ее размера в виде некоторого числа, принятых для ее измерения единиц.

Значение любой физической величины - Q одного рода величин может быть выражено произведением числового значения величины (n) на выраженную для этой величины единицу [Q]:  $Q = n \cdot [Q]$ .

**Пример 1:** уравнение  $S = v \cdot t$  отражает зависимость длины пути S, пройденного телом при равномерном движении, от скорости v тела и времени t его движения. Уравнение  $a = F/m$  отражает зависимость ускорения - a, сообщаемого телу определенной массы - m от действующей на тело силы F.

**Пример 2:** в формуле скорости равномерного движения  $v = l/t$  при выражении скорости  $v = v$  км/ч · км/ч,  $l = l$  м · м,  $t = \tau_c \cdot c$ , получим

$$\frac{ч \cdot м}{с \cdot км} \cdot \frac{l}{\tau_c}$$

уравнение  $v$  км/ч · км/ч =  $l$  м · м /  $\tau_c \cdot c$  или  $v = \frac{ч \cdot м}{с \cdot км} \cdot \frac{l}{\tau_c}$ . Учитывая, что 1 ч = 3600 с и 1 км = 1000 м, получим следующее уравнение связи между числовыми значениями:

$$v \text{ км/ч} = 36 \frac{l}{\tau_c}$$

Если длину выразить в ярдах (1 ярд = 0,9144 м), время в секундах, а скорость в милях в час (1 миля = 852 м), то уравнение связи между числовыми значениями примет вид:

$$v \text{ миль/ч} = 2,045 \cdot \frac{l_{\text{ярд}}}{\tau_c}$$

Следовательно, вид уравнений связи между числовыми значениями зависит от выбранных единиц.

**Пример 3:** плотность вещества  $\rho$ , выражается в  $\text{кг}/\text{м}^3$ . Определите плотность раствора, если масса  $1 \text{ дм}^3$  этого раствора равна  $1115 \text{ г}$ . Выразите плотность через размерность величин.

**Решение:** формула, выражающая зависимость плотности от массы и объема вещества:

$$\rho = \frac{m(x)}{V},$$

где  $\rho$  - плотность вещества;

$m(x)$  - масса вещества;

$V$  - объем вещества (раствора).

Размерность плотности:

$$\dim \rho = L^{-3} M.$$

Значение величины:

$$\rho = \frac{1,115 \text{ кг}}{0,001 \text{ м}^3} = 1115 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (\text{так как } \text{дм}^3 = 0,001 \text{ м}^3; 1 \text{ г} = 0,001 \text{ кг}).$$

### Индивидуальные задания

**Задание №1:** определите значение физической величины вашего варианта, выведите для нее формулу размерности, решить задачу (см. приложение 1). Оформите отчет (см. Пример 3), сделайте вывод.

**Задание №2.** Произведите перевод единиц изменения различных физических величин вашего варианта (см. приложение 2). Результаты оформить в виде таблицы в порядке возрастания. Оформите отчет и сделайте вывод.

## Вопросы для самоконтроля

### I Дайте ответ на следующие вопросы:

1. Что подразумевает понятие физическая величина?
2. Что такое размер физической величины?
3. Физическая величина и её числовое значение.
4. Как определить значение физической величины?
5. Как образуется система единиц?
6. Какие единицы относят к основным единицам СИ?
7. Размерность. Измеряемые параметры. Единицы измерения.
8. Что отражают формулы размерности?
9. Что означает термин «размерность физической величины»?
10. Что такое размерная физическая величина, безразмерная физическая величина?
11. Что такое внесистемные единицы физических величин?
12. Что такое значащие цифры? Каковы способы представления результатов измерений?
13. Какие системы единиц измерения существуют? Дайте характеристику наиболее распространенных.
14. Опишите системы единиц измерения США и Великобритании.
15. Системы естественных единиц измерения: особенности, область применения, примеры.

**II Опишите приведенные ниже единицы измерения:** 1 - время; 2 - масса; 3 - длина; 4 - давление; 5 - объём; 6 – площадь; 7 – скорость; 8 – температура; 9 –; 10 – плотность; 11 - энергия, работа; 12 – мощность; 13 – сила; 14 -ускорение; 15 – радиация, радиоактивность.

### Список использованных источников

1. Игнатюк А.Ф. Монеты, меры и веса разных государств. Таблицы для перевода одних мер в другие и сравнительные таблицы стоимости монет. Справочная книга. - М.: Типография И.Г. Морозова, 1906. - 52 с.
2. Коган Б.Ю. Размерность физической величины. - М.: Наука, 1968. - 70 с.
3. Каменцева Е. И., Устюгов Н. В. Русская метрология. - М.: Высшая школа, 1975. -326 с.
4. Романова Г.Я. Наименование мер длины в русском языке. - М.: Наука, 1975. -175 с.
5. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. - М.: Наука, 1977. - 335 с.
6. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация, сертификация. - М.: Логос, 2001. - 536 с.
7. Чертов А.Г. Единицы физических величин. - Москва: Высшая школа, 1977. - 288 с
8. Шостьин Н.А. Очерки истории русской метрологии XI-XIX века. - М.: Издательство стандартов, 1975.- 272 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 8 - Физические величины

Вариант	Физическая величина	Обозначение	Единица измерения	Формула для расчета	Исходные данные
1	Время	$\tau, t$	с	$t = \frac{l}{v}$	Расстояние $l=3050$ футов; скорость движение $v=50$ км/ч
2	Масса	$m$	г, кг	$m = \frac{F}{a}$	Сила $F=60$ Н; ускорение $a=80$ см/с <sup>2</sup>
3	Высота	$h$	м	$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v^2}{2g}$	За время падения 4 с, скорость $v$ увеличилась в 2 раза; $g=10$ м/с
4	Давление	$P$	Па	$P = \frac{F}{S}$	Сила $F=100$ Н; площадь $S=15,5$ дм <sup>3</sup>
5	Диаметр	$D$	м	$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$	Площадь круга $S=9,6 \cdot 10^2$ см <sup>2</sup>
6	Давление осмотическое	$\pi$	Па	$\pi = iC_B RT$	Молярная концентрация $C_B=1$ моль/л, при $t=25^\circ\text{C}$ ; изотонический коэффициент $i=1$ ; универсальная газовая постоянная $R=8,31$ Дж/(моль·К)
7	Длина волны	$\lambda$	нм	$\lambda = \frac{h}{mv}$	Масса частицы $m=9,110 \cdot 10^{-28}$ г; скорость $v=2,998 \cdot 10^{10}$

					см·с <sup>-1</sup> ; постоянная Планка h=6,62·10 <sup>-34</sup> Дж·с
8	Количество электричества	Q (q)	Кл (кулон)	$Q = n \cdot F$	Константа Фарадея F=96468 А·с/моль, n=1 моль
9	Количество вещества	n (ν)	моль	$n = \frac{PV}{RT}$	Давление P=7,5·10 <sup>-3</sup> мм Нг; V=22,4 л; R=8,31 Дж/(моль·К); t=25°C
10	Количество теплоты	q	Дж/кг	$q = \frac{C_p \Delta t}{m}$	Масса тела m=100 г; суммарная теплоемкость системы C <sub>p</sub> =250 Дж/К; изменение температуры (нагрев) Δt=10°C
11	Константа скорости реакции	k	с <sup>-1</sup>	$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}}$	Постоянная Арениуса A=4,2·10 <sup>9</sup> с <sup>-1</sup> ; E <sub>a</sub> =226,9 кДж·моль <sup>-1</sup> ; e=2,71; R=8,31 Дж·моль <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup> ; t=575°C
12	Молярная концентрация	C <sub>M</sub>	моль/л	$C_M = \frac{m \cdot 1000}{M \cdot V}$	Масса растворенного вещества m=1,170 кг; молярная масса M=58,8 г/моль; объем раствора V=2·10 <sup>3</sup> см <sup>3</sup>

13	Масса	m	г, кг	$m = \frac{E}{c^2}$	Энергия $E=1,8 \cdot 10^{14}$ Дж; скорость света в вакууме $c=2,998 \cdot 10^{10}$ см/с
14	Молярная масса вещества	M	г·моль <sup>-1</sup>	$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{P \cdot V}$	R=8,31 Дж/(моль/К); T=298 К; P=10 <sup>9</sup> Н/мм <sup>2</sup> ; V=44,8 л; m=0,002 кг
15	Объём	V	м <sup>3</sup>	$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$	n=1,5 моль; R=8,31 Дж/(моль·К); t=0°C, p=101,3 кПа
16	Объём молярный	V <sub>m</sub>	м <sup>3</sup> ·кмоль <sup>-1</sup>	$V_m = \frac{V}{n}$	Количество вещества n=2,5 моль; объём V=56 дм <sup>3</sup>
17	Объём удельный	V <sub>уд</sub>	м <sup>3</sup> ·1000 кг <sup>-1</sup>	$V_{уд} = \frac{V}{m}$	Вещество массой m=100 г занимает объём V=22 см <sup>3</sup>
18	Площадь	S	м <sup>2</sup>	$S_{\text{круга}} = \pi r^2$	Радиус круга r=150 см; π=3,14
19	Работа	A, W	Дж	$W = F \cdot l$	Постоянная сила F=50 Н действует на расстояние l=0,5 км
20	Сила тяготения	F, P	Н	$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	Взаимодействующие тела m <sub>1</sub> =100г, m <sub>2</sub> =300г; расстояние между ними r=1см; гравитацион-

					ная постоянная $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ $\text{Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$
21	Плотность тока	$I$	$\text{А} \cdot \text{м}^{-2}$	$I = \frac{m \cdot F}{M_{\text{э}} \cdot t \cdot S}$	Количество вещества однозарядных ионов $n=50$ моль; постоянная Фарадея $F=96484$ Кл/моль; площадь $S=100$ $\text{см}^2$ ; время $t=1$ ч
22	Линейная скорость	$v$	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	$v = \frac{l}{t}$	Путь $l=3050$ фт; время $t=20$ мин
23	Сопротивление электрическое	$R$	Ом	$R = \rho \frac{l}{S}$	Удельное электрическое сопротивление $\rho=1,49 \cdot 10^{-6}$ Ом·см, длина $l=10$ м, площадь поперечного сечения $S=0,1256$ $\text{см}^2$
24	Температура	$T, t$	К, °С	$T = \frac{P \cdot V}{N_a \cdot k \cdot n}$	Давление системы $P=760$ мм Hg; объём $V=50$ $\text{м}^3$ ; $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж·К <sup>-1</sup> ; $n=2500$ моль; $N_a=6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
25	Теплоемкость	$C$	Дж·К <sup>-1</sup>	$C = \frac{Q}{\Delta T}$	Количество теплоты $Q=1,5$ кДж; изменение температуры $\Delta T=5^\circ\text{C}$



26	Теплоемкость молярная	$C_n$	$\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	$C_n = \frac{Q}{n \cdot \Delta T}$	Количество теплоты $Q=2,09 \text{ кДж}$ , $n=5$ моль, нагрев $100^\circ\text{C}$
27	Энергия	$E$	Дж	$E_{\text{кинет}} = \frac{1}{2} \cdot m v^2$	Масса тела $m=360$ т, скорость движения $v=40$ км/ч
28	Крисколопический коэффициент	$K_T$	$\text{К} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$	$K_T = \frac{\Delta T \cdot M_2}{m_2 \cdot 10}$	Изменение температуры замерзания $\Delta T=0,558^\circ\text{C}$ ; масса растворенного вещества $m_2=66,3$ г; молярная масса $M_2=442$ г/моль; масса растворителя $m_1=0,5$ кг
29	Эбуллиоскопический коэффициент	$\Delta_r$	$\text{К} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$	$\Delta_r = \frac{\Delta T \cdot (n_2 + 1)}{n_2}$	Масса камфоры $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ $m_2=3,04$ г, масса бензола $\text{C}_6\text{H}_6$ $m_1=100$ г, $\Delta T=0,514^\circ\text{C}$
30	Ускорение	$a$	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	$a = \frac{2S}{t^2}$	Длина ствола орудия $S=3 \cdot 10^2$ см; время движения в стволе $t=0,04$ с

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 9 - Единицы физических величин

Вариант	Физическая величина	Система единиц
1	Время	<p><b>Повседневные единицы</b> век, год григорианский, год юлианский, календарный месяц, неделя, сутки, час, минута (мин), секунда (с)</p> <p><b>Естественные единицы</b> Планковское время (Т)</p>
2	Масса	<p><b>Метрическая система</b> тонна (т), килоньютон (на поверхности Земли) (кН), центнер (ц), килограмм (кг), карат (ст), центиграмм, миллиграмм (мг),</p> <p><b>Британская аптечная система</b> фунт, унция, драхма, скрупул, гран</p>
3	Длина	<p><b>Метрическая мера</b> километр (км), метр (м), дециметр (дм), сантиметр (см), миллиметр (мм), микрометр (микрон), нанометр (нм), ангстрем (А)</p> <p><b>Американская система мер (США)</b> лига (лье), миля (mi), лэнд, болт, поль, род (rd), перч</p> <p><b>Старорусская система</b> миля, верста, межевая верста, косая сажень, сажень, маховая сажень, аршин</p>
4	Давление	<p><b>Метрические единицы</b> бар, килопаскаль (кПа), паскаль (Па), килограмм силы на квадратный сантиметр (<math>\text{kgf}/\text{cm}^2</math>), ньютон на квадратный сантиметр (<math>\text{N}/\text{cm}^2</math>), ньютон на квадратный миллиметр (<math>\text{N}/\text{mm}^2</math>)</p> <p><b>Британские и американские единицы</b> 1000 фунтов на квадратный дюйм (ksi), тонна силы на квадратный фут, британская тонна силы на квадратный фут</p> <p><b>Единицы ртутного столба</b> дюйм ртутного столба, сантиметр ртутного столба, миллиметр ртутного столба (торр)</p> <p><b>Вода (при 4°C, 39.2°F)</b></p>

		метр водяного столба, сантиметр водяного столба, миллиметр водяного столба, фут водяного столба, дюйм водяного столба
5	Длина	<p><b>Американская система мер (США)</b> ярд (yd), фут (ft), спан, хенд, дюйм (in), лайн, мил, микродюйм</p> <p><b>Древнеримские единицы</b> милларий, акт, децимпеда, пасс (шаг), кубит, пед легальный, пед (обыкновенный, или друзовский), унция (дюйм), дигит (палец)</p> <p><b>Старорусская система</b> локоть, фут, пядь, вершок, дюйм, линия</p>
6	Давление	<p><b>Метрические единицы</b> миллибар, гектопаскаль (гПа), килограмм силы на квадратный метр (<math>\text{kgf/m}^2</math>), меганьютон на квадратный метр (<math>\text{MN/m}^2</math>),</p> <p><b>Британские и американские единицы</b> фунт на квадратный дюйм (psi), британская тонна силы на квадратный дюйм</p> <p><b>Естественные единицы</b> планковское давление (<math>\text{L}^{-1}\text{MT}^{-2}</math>)</p>
7	Объём	<p><b>Метрическая мера</b> гектолитр (hl), декалитр, литр (л), децилитр (dl), санлитр (cl), миллилитр (мл), микролитр (мкл)</p> <p><b>США (жидкости)</b> акр-фут, баррель (нефтяной), галлон (gal), кварта (qt), пинта (pt), гилл, жидкая унция (oz), жидкая драхма, миним</p> <p><b>Британская мера</b> перч, баррель (сухой), бушель (bu), пек (pk)</p>
8	Масса	<p><b>Метрическая система</b> килотонна, ньютон (на поверхности Земли) (Н), грамм (г), микрограмм (мкг), единица атомной массы (amu)</p> <p><b>Старорусская система</b> берковец, пуд, фунт, лот, золотник, доля</p>
9	Объём	<p><b>Метрическая мера</b> кубический километр (<math>\text{км}^3</math>), кубический метр (<math>\text{м}^3</math>), кубический дециметр (<math>\text{дм}^3</math>), кубический сантиметр (<math>\text{см}^3</math>), кубический миллиметр (<math>\text{мм}^3</math>)</p>

		<p><b>США (сыпучие вещества)</b> баррель, бушель (bu), пек (pk), галлон (gal), кварта (qt), пинта (pt)</p> <p><b>Британская мера</b> галлон (gal), кварта (qt), пинта (pt), жидкая унция (oz)</p>
10	Площадь	<p><b>Метрическая система</b> квадратный километр (км<sup>2</sup>), гектар (га), декар, ар (сотка) (а), квадратный метр (м<sup>2</sup>), квадратный дециметр (дм<sup>2</sup>), квадратный сантиметр (см<sup>2</sup>), квадратный миллиметр (мм<sup>2</sup>), барн (б)</p> <p><b>Британские и американские единицы</b> тауншип, квадратная миля, хомстед, акр, руд, квадратный род, перч, квадратный ярд (yd<sup>2</sup>), квадратный фут (ft<sup>2</sup>), квадратный дюйм (in<sup>2</sup>)</p> <p><b>Старорусская система</b> десятина (казенная), десятина (хозяйственная), квадратная верста, квадратный аршин, квадратный фут</p>
11	Скорость	<p><b>Система СИ</b> километр в секунду (км/с), метр в секунду (м/с), километр в час (км/ч), метр в минуту, США и Британия, миля в секунду, миля в час (mph), фут в секунду, фут в минуту</p> <p><b>Морские единицы</b> узел, морская миля в час</p>
12	Температура	<p><b>Температурные шкалы</b> градус Цельсия, градус Фаренгейта (°F), кельвин (K)(до 1968 года градус Кельвина), Градус Реомюра (°Re), плансковская температура (Θ)</p> <p><b>Исторические температурные шкалы</b> градус Ранкина (°R), градус Ньютона (°N), градус Ремера (°Rø), градус Делиля (°D), Градус Гука, Градус Дальтона</p>
13	Ускорение	<p><b>Метрические единицы</b> километр на секунду в квадрате (км/с<sup>2</sup>), метр на секунду в квадрате (м/с<sup>2</sup>), миллиметр на секунду в квадрате (мм/с<sup>2</sup>)</p> <p><b>Ускорение свободного падения (планеты солнечной системы)</b></p>

		Стандартное ускорение свободного падения на Земле ( $g_n$ ), ускорение свободного падения на Солнце, ускорение свободного падения на Меркурии, ускорение свободного падения на Венере, ускорение свободного падения на Луне, ускорение свободного падения на Марсе, ускорение свободного падения на Юпитере, ускорение свободного падения на Сатурне, ускорение свободного падения на Уране, ускорение свободного падения на Нептуне
14	Плотность	<p><b>Метрическая система</b> грамм на кубометр (<math>г/м^3</math>), миллиграмм на кубометр (<math>мг/м^3</math>), килограмм на литр (<math>кг/л</math>)</p> <p><b>Британские и американские единицы</b> фунты на галлон США (<math>lb/gal</math>), фунты на британский галлон, фунты на бушель США, унции на галлон США (<math>oz/gal</math>), унции на британский галлон, унции на бушель США</p> <p><b>Английские инженерные и британские гравитационные единицы</b> Слаг на кубический ярд (<math>slug/yd^3</math>), Слаг на кубический фут (<math>slug/ft^3</math>), Слаг на кубический дюйм (<math>slug/in^3</math>)</p> <p><b>Плотности различных веществ</b> плотность воды при <math>0^{\circ}C</math>, плотность воды при <math>100^{\circ}C</math>, плотность алмаза, плотность серебра, плотность свинца, плотность платины</p>
15	Энергия, работа	<p><b>Международная система (СИ)</b> килоджоуль (кдж), джоуль (дж)</p> <p><b>СГС и внесистемные единицы</b> килокалория (kcal), калория (cal), ватт час (<math>Вт\cdot час</math>), ватт секунда (<math>Вт\cdot сек</math>), электронвольт (eV)</p> <p><b>Британские и Американские единицы</b> британская термальная единица (BTU), миллион BTU (MMBTU)</p> <p><b>Тропиловый эквивалент энергии</b> тонна (метрическая) тротила, килограмм тротила</p> <p><b>Условное топливо и нефтяной эквивалент</b> мегатонна нефтяного эквивалента (Mtoe), тонна</p>

		<p>нефтяного эквивалента (toe), миллиард баррелей нефтяного эквивалента (BBOE), <b>Естественные единицы</b> планковская энергия (<math>L^2MT^{-2}</math>)</p>
16	Мощность	<p><b>Международная система (СИ)</b> мегаватт (МВт), киловатт (кВт), ватт (Вт), вольт-ампер (В-А) <b>СГС и внесистемные единицы</b> гигакалорий в секунду, килокалорий в секунду, калорий в секунду, электрическая лошадиная сила (hp(E)), механическая лошадиная сила (hp(I)), метрическая лошадиная сила (hp(M)), эрг в секунду, метрическая тонна охлаждения (RT) <b>Британские и Американские единицы</b> американская тонна охлаждения (USRT), бри- танская термальная единица в минуту британ- ская термальная единица в час</p>
17	Сила	<p><b>Система СИ</b> меганьютон (МН), ньютон (Н), миллиньютон (мН) <b>Английские инженерные и гравитационные единицы</b> фунт-сила (lbf), унция-сила (ozf) <b>Система единиц МТС</b> стен (sn) <b>Техническая система единиц, МКГСС</b> тонна-сила (тс), грейв-сила (Gf), миллигрейв- сила (mGf), миллиграмм-сила (мгс) <b>Единицы атомной физики</b> атомная единица силы <b>Система единиц СГС</b> дина (dyn) <b>Естественные единицы</b> планковская сила (<math>LMT^{-2}</math>)</p>
18	Угловая мера	<p><b>Общепотребительные единицы</b> окружность (circle), секстант, радиан (rad), гра- дус (deg), град (grad), минута ('), секунда ("), <b>Морские единицы</b> румб</p>

19	Скорость потока (объёмная)	<p align="center"><b>Метрическая система</b></p> <p>кубический метр в секунду (<math>\text{м}^3/\text{с}</math>), кубический метр в сутки (<math>\text{м}^3/\text{сутки}</math>), кубический метр в год (<math>\text{м}^3/\text{год}</math>)</p> <p align="center"><b>Американские и Британские единицы</b></p> <p>акр-фут в сутки, баррель (нефтяной) в год, галлон США в час (gph), галлон США в год (gal/year), брит. галлон в минуту, брит. галлон в час, кубический фут в секунду (<math>\text{ft}^3/\text{с}</math>), кубический дюйм в секунду (<math>\text{in}^3/\text{с}</math>), кубический дюйм в минуту (<math>\text{in}^3/\text{мин}</math>)</p>
20	Скорость потока (массовая)	<p align="center"><b>Метрическая система</b></p> <p>тонна в секунду (т/с), тонна в минуту (т/мин), тонна в час (т/ч), тонна в сутки (т/сутки), тонна в год (т/год), килограмм в секунду (кг/с), килограмм в минуту (кг/мин), килограмм в час (кг/ч)</p> <p align="center"><b>Американские и Британские единицы</b></p> <p>длинная (брит.) тонна в секунду, длинная (брит.) тонна в минуту, длинная (брит.) тонна в час, длинная (брит.) тонна в сутки, длинная (брит.) тонна в год, короткая (США) тонна в секунду, короткая (США) тонна в минуту, короткая (США) тонна в час, короткая (США) тонна в сутки, короткая (США) тонна в год</p>
21	Радиация	<p align="center"><b>Поглощённая доза ионизирующего излучения</b></p> <p>микрогрей (<math>\mu\text{Гр}</math>), миллигрей (мГр), сантигрей (сГр), рад, грей (Гр)</p> <p align="center"><b>Эффективная (эквивалентная) доза ионизирующего излучения</b></p> <p>микрозиверт (<math>\mu\text{Зв}</math>), миллибэр, миллизиверт (мЗв), бэр, зиверт (Зв)</p> <p align="center"><b>Экспозиционная доза радиоактивного излучения</b></p> <p>микроренген (<math>\mu\text{Р}</math>), миллиренген (мР), ренген (Р)</p>
22	Радиоактивность	<p align="center"><b>Единицы радиоактивности СИ</b></p> <p>беккерель (Бк), килогеккерель (кБк), мегабеккерель (МБк), гигабеккерель (ГБк)</p> <p align="center"><b>Внесистемные единицы</b></p> <p>микрокюри (<math>\mu\text{Ки}</math>), милликюри (мКи), резерфорд (rd), кюри (Ки), распады в секунду, распады в</p>

		минуту (dpm)
23	Скорость потока (массовая)	<p><b>Метрическая система</b> килограмм в сутки (кг/сутки), килограмм в год (кг/год), грамм в секунду (г/с), грамм в минуту (г/мин), грамм в час (г/ч), грамм в сутки (г/сутки), грамм в год (г/год)</p> <p><b>Американские и Британские единицы</b> фунт в секунду (lb/s), фунт в минуту (lb/min), фунт в час (lb/hour), фунт в сутки (lb/day), фунт в год (lb/year), унция в секунду (oz/s), унция в минуту (oz/min), унция в час (oz/hour), унция в сутки (oz/day), унция в год (oz/year)</p>
24	Скорость потока (объёмная)	<p><b>Метрическая система</b> кубический метр в минуту (<math>m^3/\text{мин}</math>), литр в минуту (л/мин), литр в час (л/ч), литр в сутки (л/сутки)</p> <p><b>Американские и Британские единицы</b> акр-фут в секунду, акр-фут в минуту, акр-фут в час, баррель (нефтяной) в секунду, баррель (нефтяной) в минуту, баррель (нефтяной) в час, галлон США в минуту (gpm), брит. галлон в сутки, кубический фут в сутки (<math>ft^3/\text{day}</math>), кубический дюйм в год (<math>in^3/\text{year}</math>)</p>
25	Давление	<p><b>Метрические единицы</b> ньютон на квадратный метр (<math>N/m^2</math>), килоньютон на квадратный метр (<math>kN/m^2</math>), мегапаскаль (МПа),</p> <p><b>Британские и американские единицы</b> фунт на квадратный фут, тонна силы на квадратный дюйм</p> <p><b>Атмосфера</b> физическая атмосфера (атм), техническая атмосфера (ат)</p>
26	Сила	<p><b>Система СИ</b> килоньютон (кН), микроньютон (<math>\mu N</math>)</p> <p><b>Английские инженерные и гравитационные единицы</b> тонна-сила (tnf), фунт-сила (lbf)</p> <p><b>Система фут-фунт-секунда</b> фунтал (pdl)</p>



		<p><b>Техническая система единиц, МКГСС</b> килопонд (кп), килограмм-сила (кгс), грамм-сила (гс), гравет-сила (gf)</p> <p><b>Система единиц СГС (сантиметр-грамм-секунда)</b> дина (dyn)</p> <p><b>Естественные единицы</b> планковская сила (<math>LMT^{-2}</math>)</p> <p><b>Единицы атомной физики</b> атомная единица силы</p>
27	Плотность	<p><b>Метрическая система</b> тонна на кубометр (<math>t/m^3</math>), килограмм на кубометр (<math>kg/m^3</math>), грамм на литр (г/л), грамм на миллилитр (г/мл)</p> <p><b>Британские и американские единицы</b> фунты на кубический ярд (<math>lb/yd^3</math>), фунты на кубический фут (<math>lb/ft^3</math>), фунты на кубический дюйм (<math>lb/in^3</math>), унции на кубический ярд (<math>oz/yd^3</math>), унции на кубический фут (<math>oz/ft^3</math>), унции на кубический дюйм (<math>oz/in^3</math>)</p> <p><b>Плотности различных веществ</b> плотность воды при <math>4^\circ C</math>, плотность льда, плотность железа, плотность меди, плотность золота</p>
28	Энергия, работа	<p><b>Международная система (СИ)</b> мегаджоуль (Мдж), джоуль (дж)</p> <p><b>СГС и внесистемные единицы</b> мегакалория (Mcal), метр-килограмм (mkg), киловатт час (кВт·час), эрг</p> <p><b>Британские и Американские единицы</b> квад, терм, фут-фунт (<math>ft \cdot lbs</math>)</p> <p><b>Тротиловый эквивалент энергии</b> тонна (американская) тротила, килограмм тротила</p> <p><b>Условное топливо и нефтяной эквивалент</b> гигатонна нефтяного эквивалента (Gtoe), тонна нефтяного эквивалента (toe), килобаррель нефтяного эквивалента (kBOE), баррель нефтяного эквивалента (BOE), Единица условного топлива (Россия) (у.т.)</p>
29	Мощность	<b>СГС и внесистемные единицы</b>

		<p>гигакалорий в час, килокалорий в час, калорий в час, котловая лошадиная сила (hp(S)), гидравлическая лошадиная сила, килограмм-сила метр в секунду (кгс·м/с), джоуль в секунду, джоуль в час</p> <p><b>Британские и Американские единицы</b> американская тонна охлаждения (USRT), британская термальная единица в секунду, фут фунт-сила в секунду (ft·lbf/s)</p> <p><b>Естественные единицы</b> планковская мощность (<math>L^2MT^{-3}</math>)</p>
30	Скорость потока (объёмная)	<p><b>Метрическая система</b> кубический метр в минуту (<math>m^3/\text{мин}</math>), кубический метр в час (<math>m^3/\text{ч}</math>) литр в секунду (л/с), литр в год (л/год)</p> <p><b>Американские и Британские единицы</b> акр-фут в год, баррель (нефтяной) в сутки, брит. галлон в год, галлон США в секунду (gps), галлон США в сутки (gal/day), брит. галлон в секунду кубический фут в год (<math>ft^3/\text{year}</math>), кубический дюйм в сутки (<math>in^3/\text{day}</math>), кубический фут в час (<math>ft^3/\text{hour}</math>), кубический фут в минуту (<math>ft^3/\text{min}</math>), кубический дюйм в час (<math>in^3/\text{hour}</math>)</p>



