

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ



*Баковец Николай Владимирович  
первый зам. директора  
БелГИМ*

# 1. Основные понятия и определения

---

**Метрология** – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения точности (теоретическая, законодательная, практическая).

**Измерение** – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств

**Физическая величина** – свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (масса, длина и т.д.), но в количественном индивидуальное для каждого объекта

**Основная физическая величина** - физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы (метр, секунда и т.д.)

**Производная физическая величина** - физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы (скорость - м/с, и т.д.)

**Размер физической величины** - количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению, процессу

# Основные понятия и определения

---

**Шкала физической величины** - упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая исходной основой для измерений данной величины (международная температурная шкала)

**Условная шкала физической величины** - шкала физической величины, исходные значения которой выражены в условных единицах (шкала вязкости Энглера; шкалы твердости – Бриннеля, Виккерса, Роквелла и т.д.)

**Числовое значение физической величины** – выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц ( $20^{\circ}\text{C}$ ,  $273^{\circ}\text{K}$ )

**Истинное значение физической величины** – значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину

**Действительное значение физической величины** – значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него

## 2. Система единиц

---

В соответствии с ТР 2007/003/ВУ на территории РБ

- применяются:
  - единицы Международной системы единиц (СИ);
  - единицы, не входящие в СИ.
- допускаются к использованию условные единицы, оцениваемые по условным шкалам: шкалам твердости (Бринелля, Виккерса и др.), шкале активности водородных ионов (рН) и др., для которых созданы условия и средства обеспечения единства измерений

Единицы СИ делятся на:

- **Основные** единицы СИ – представляют основу для определения всех единиц Международной системы (взаимно независимы, их размер выбирается произвольно).
- **Производные** единицы СИ образуют путем комбинирования основных единиц согласно физическим законам или уравнениям связи (функции от основных величин, их размер не выбирается, а определяется на основании известных связей).

Производные единицы вместе с основными единицами формируют **когерентную** систему, построенную по **десятичному** признаку. Когерентность системы заключается в том, что во всех уравнениях связи, связывающих между собой единицы системы, коэффициент пропорциональности всегда равен единице, а кратные и дольные единицы образуются путем умножения исходных единиц на множители, равные десяти в целой положительной или отрицательной степени.

# Нормативная основа Международной системы единиц СИ

---

## На международном

- «Международная система единиц (СИ)», «The International Systems of Units (SI)», 8-ое издание, 2006.

Система **СИ** узаконена более, чем в 120 странах мира (универсальность, согласованность, возможность создания новых производных единиц)

- Международный документ МОЗМ МД2 «Узаконенные единицы измерений», 1998, МБЗМ
- Международные стандарты
  - ИСО 31 "Величины и единицы" (Части 0-13)
  - ИСО 1000 "Единицы СИ и рекомендации по применению кратных и дольных от них и некоторых других единиц".

## На региональном

- Директива Европейского Союза 80/181/ЕС в области единиц измерений
- ГОСТ 8.417-2002 "ГСИ. Единицы величин"

# Структура ТР 2007/003/ВУ «Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь»

---

- Статья 1 «Область применения»
- Статья 2 «Термины и определения»
- Статья 3 «Общие положения»
- Статья 4 «Единицы СИ»
- Статья 5 «Единицы, не входящие в СИ»
- Статья 6 «Правила применения и написания обозначений единиц»
- Статья 7 «Государственный метрологический надзор»
- Приложение 1 «Правила образования когерентных производных единиц измерений Международной системы единиц»
- Приложение 2 «Производные единицы измерений Международной системы единиц, имеющие специальные наименования и обозначения»

# Структура ТР 2007/003/ВУ «Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь»

---

- Приложение 3 «Правила образования наименований и обозначений десятичных кратных и дольных единиц измерений Международной системы единиц»
- Приложение 4 «Единицы измерений, допускаемые к применению наравне с единицами Международной системы единиц»
- Приложение 5 «Единицы измерения, допускаемые к применению в отдельных областях»
- Приложение 6 «Некоторые относительные и логарифмические единицы измерений»
- Приложение 7 «Единицы количества информации»
- Приложение 8 «Правила написания обозначений единиц измерения»

## Основные единицы СИ (Таблица 1 ТР 2007/003/ВУ)

Величина		Единица измерения			
Наименование	размерность	Наименование	обозначение		определение
			междун	русское	
Длина	L	метр	m	м	Величина метра устанавливается фиксацией численного значения скорости света в вакууме равным в точности 299 792 458, когда она выражена единицей СИ м·с <sup>-1</sup>
Масса	M	килограмм	kg	кг	Величина килограмма устанавливается фиксацией численного значения постоянной Планка h равным в точности 6,626 070 15 × 10 <sup>-34</sup> , когда она выражена в Дж·с
Время	T	секунда	s	с	Величина секунды устанавливается фиксацией численного значения частоты сверхтонкого расщепления основного состояния атома цезия-133 при температуре 0 К равным в точности 9 192 631 770, когда она выражена единицей СИ с <sup>-1</sup> , что эквивалентно Гц
Сила электрического тока	I	ампер	A	A	Величина ампера устанавливается фиксацией численного значения элементарного заряда e равным 1,602 176 634 × 10 <sup>-19</sup> , когда он выражен в кулонах
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	K	Величина кельвина устанавливается фиксацией численного значения постоянной Больцмана k равным в точности 1,380 649 × 10 <sup>-23</sup> , когда она выражена в Дж/К
Количество вещества	N	моль	mol	моль	Один моль содержит ровно 6,022 140 76 × 10 <sup>23</sup> элементов. Это число — фиксированное значение постоянной Авогадро N <sub>A</sub> , выраженной в единицах моль <sup>-1</sup> , и называется числом Авогадро.
Сила света	J	кандела	cd	кд	Величина канделы устанавливается фиксацией численного значения световой эффективности монохроматического излучения частотой 540·10 <sup>12</sup> Гц



**Пример: Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования и обозначения (приложение 2 ТР 2007/003/ВУ)**

Величина		Единица измерения			
наименование	размерность	наименование	обозначение		выражение через основные единицы СИ
			международное	русское	
Плоский угол	–	радиан	rad	рад	$m \cdot m^{-1} = 1$
Телесный угол	–	стерадиан	sr	ср	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Частота	$T^{-1}$	герц	Hz	Гц	$s^{-1}$
Сила	$LM T^{-2}$	ньютон	N	Н	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Давление	$L^{-1} M T^{-2}$	паскаль	Pa	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	$L^2 M T^{-3}$	ватт	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Электрический заряд, количество электричества	TI	кулон	C	Кл	$s \cdot A$
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	$L^2 M T^{-3} I^{-1}$	вольт	V	В	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$	фарада	F	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2 M T^{-3} I^{-2}$	ом	$\Omega$	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Электрическая проводимость	$L^{-2} M^{-1} T^3 I^2$	сименс	S	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$

**Пример: Единицы измерений, допускаемые к применению наравне с единицами СИ (приложение 4 ТР 2007/003/ВУ)**

Наименование величины	Единица измерения				
	наименование	обозначение		соотношение с единицей Международной системы Единиц	область применения
		международное	русское		
Масса	тонна	t	т	$1 \cdot 10^3 \text{ kg}$	все области
	атомная единица массы	u	а.е.м.	$1,6605402 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	атомная физика
Время	минута	min	мин	60 s	все области
	час	h	ч	3600 s	
	сутки	d	сут	86 400 s	
Плоский угол	градус	...°	...°	$(\pi/180) \text{ rad} = 1,745329... \cdot 10^{-2} \text{ rad}$	все области
	минута	...'	...'	$(\pi/10800) \text{ rad} = 2,908882... \cdot 10^{-4} \text{ rad}$	
	секунда	...''	...''	$(\pi/648000) \text{ rad} = 4,848137... \cdot 10^{-6} \text{ rad}$	
	град (гон)	gon	град	$(\pi/200) \text{ rad} = 1,57080... \cdot 10^{-2} \text{ rad}$	геодезия
Объем, вместимость	литр	l	л	$1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	все области
Длина	астрономическая единица световой год парсек	ua	а.е.	$1,49598 \cdot 10^{11} \text{ m}$	астрономия
		ly	св.год	$9,4605 \cdot 10^{15} \text{ m}$	
		pc	пк	$3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$	

**Пример: Единицы измерения, допускаемые к применению в отдельных областях (приложение 5 ТР 2007/003/ВУ)**

Наименование величины	Единица измерения				
	наим.	обозначение		соотношение с единицей Международной системы единиц	область применения
		международное	русское		
Длина	морская миля	n mile	миля	1852 m (точно)	морская навигация, авиационная навигация
	<b>Фут*)</b>	<b>ft</b>	<b>фут</b>	<b>0,3048 m</b>	авиационная навигация
Масса	Карат	–	кар	$2 \cdot 10^{-4}$ kg (точно)	добыча и производство драгоценных камней и жемчуга
Линейная плотность	Текс	tex	текс	$1 \cdot 10^{-6}$ kg/m (точно)	текстильная промышленность
Скорость	Узел	kn	уз	0,514(4) m/s	морская навигация, авиационная навигация
Ускорение	гал	Gal	Гал	0,01 m/s <sup>2</sup>	гравиметрия

Директива 80/181/ЕС

**\*) – внесено по предложению Департамента по авиации**

## Некоторые относительные и логарифмические единицы измерений (приложение 6 ТР 2007/003/ВУ)

Единица			
Наименование	Обозначение		Значение
	международное	русское	
единица	1	1	1
процент	%	%	$1 \cdot 10^{-2}$
промилле	‰	‰	$1 \cdot 10^{-3}$
миллионная доля	ppm	млн <sup>-1</sup>	$1 \cdot 10^{-6}$
бел	В	Б	<p>1 Б = <math>\lg(P_2/P_1)</math> при <math>P_2 = 10 P_1</math></p> <p>1 Б = <math>2 \lg(F_2/F_1)</math> при <math>F_2 = 10 F_1</math></p> <p>где <math>P_1, P_2</math> — одноименные энергетические величины (мощность, энергия, плотность энергии и т. п.);</p> <p><math>F_1, F_2</math> — одноименные «силовые» величины (напряжение, сила тока, напряженность поля и т. п.)</p>
децибел	dB	дБ	0,1 Б
фон	phon	фон	1 фон равен уровню громкости звука, для которого уровень звукового давления равногромкого с ним звука частотой 1000 Гц равен 1 дБ
октава	—	окт	1 октава равна $\log_2(f_2/f_1)$ при $f_2/f_1 = 2$ ;
декада	—	дек	1 декада равна $\lg(f_2/f_1)$ при $f_2/f_1 = 10$ , где $f_2, f_1$ — частоты
непер	Np	Нп	1 Нп = 0,8686 ... Б = 8,686 ... дБ

## Единицы количества информации (приложение 7 ТР 2007/003/ВУ)

Наименование величины	Единица измерения			значение	Примечание
	наимено- вание	обозначение			
		междуна- родное	русское		
Количество информации <sup>1)</sup>	бит байт	bit В	бит Б	1 1 Б = 8 бит	единица информации в двоичной системе счисления (двоичная единица информации)

<sup>1)</sup> Термин "количество информации" применяется в устройствах цифровой обработки и передачи информации, например, в цифровой вычислительной технике (компьютерах) для записи объема запоминающих устройств, количества памяти, используемой компьютерной программой.

# Множители и приставки

(Табл.2 ТР 2007/003/ВУ)

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

# 3. Аксиомы метрологии

---

**1 аксиома:**

**БЕЗ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗМЕРЕНИЕ НЕВОЗМОЖНО**

Источники априорной информации:

*□ Опыт предшествующих измерений*

*□ Погрешности/Классы точности средств измерений*

*□ Условия измерений*

# Аксиомы метрологии

---

## 2 аксиома:

### **ИЗМЕРЕНИЕ СУТЬ СРАВНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОПЫТНЫМ ПУТЕМ**

Вторая аксиома относится к процедуре измерений:  
*сравнение размеров опытным путем является единственным способом получения измерительной информации*

### **Измерительные шкалы**

1) Шкала наименований ( $=$ ,  $\neq$ )

Объекты только называются

2) Шкала порядка ( $<$ ,  $>$ )

На шкалах порядка не определены никакие математические операции

*Пример: шкала порядка измерения знания учащихся;  
международная сейсмологическая шкала для измерения силы землетрясения; шкала для измерения силы ветра и др.*



# Аксиомы метрологии

---

3) Шкала интервалов ( $<$ ,  $>$ ,  $=$ ,  $\neq$ )

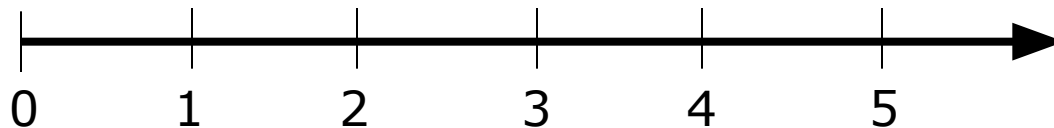
Начало отсчета (ноль) на шкале интервалов выбирается произвольно.

*Пример: температурные шкалы Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ); Фаренгейта ( $^{\circ}\text{F}$ ); Кельвина ( $^{\circ}\text{K}$ )*

4) Шкала отношений ( $<$ ,  $>$ ,  $=$ ,  $\neq$ , *разностей, отношений*)

На шкалах отношений определены любые математические операции. Начало отсчета (ноль) фиксирован.

*Пример: шкала числовых значений*



*«Международный словарь по метрологии» (VIM). Выпущен объединенным комитетом по руководствам в области метрологии JCGM 200:2008*

---

**шкала значения величины**, шкала измерения  
quantity-value scale, measurement scale  
échelle de valeurs, f; échelle de mesure, f

упорядоченный набор значений величин одного рода,  
используемый для ранжирования в соответствии с  
размером однородных величин

ПРИМЕР 1 Шкала времени.

ПРИМЕР 2 Шкала твердости С. Роквелла.

# Аксиомы метрологии

---

**3 аксиома:**

**НА РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ ОКАЗЫВАЕТ ВЛИЯНИЕ  
МНОЖЕСТВО ФАКТОРОВ, ТОЧНЫЙ УЧЕТ КОТОРЫХ  
НЕВОЗМОЖЕН,  
А РЕЗУЛЬТАТ НЕПРЕДСКАЗУЕМ**

Отношение к влияющим факторам :

- до измерения - по возможности исключить,*
- в процессе измерения – по возможности компенсировать,*
- после измерения – по возможности скорректировать посредством внесения поправок*

# 4. Объект измерений

---

**Объект измерений** – тело (физическая система, процесс, явление и т.д.), которое характеризуется одной или несколькими измеряемыми физическими величинами

Объект измерений **характеризуется:**

- назначение
- область применения
- свойства объекта
- измеряемые величины.

Для измеряемых величин **определяют:**

- принадлежность к определенной области измерений, в основе которой лежит соответствующий физический процесс
- характер изменения измеряемой величины параметра
- условия или среда, в которой находится объект измерений

# 5. Модель измерений

---

**Модель измерений** (measurement model) - математическое выражение, которое отражает свойства реального объекта, существенные для решения данной измерительной задачи, или математическая связь между всеми величинами, которые имеют отношение к измерению.

Построение модели осуществляется на основании априорной информации об объекте и цели его измерения.

**Общая формула** модели измерения:  $F(Y, X_1, \dots, X_n) = 0$

где  $Y$  - выходная величина в модели, является измеряемой величиной, значение которой должно быть получено на основании информации о входных величинах в модели  $X_1, \dots, X_n$

**Входная** величина - величина, которая должна быть измерена, или величина, значение которой может быть получено другим способом, для того, чтобы рассчитать измеренное значение измеряемой величины.

**Выходная** величина - величина, измеренное значение которой вычисляют, используя значения входных величин в модели измерения

В зависимости от поставленной задачи модель может иметь как простую, так и сложную зависимость.

## 6. Процесс измерений

---

Процесс измерений **включает:**

1. постановку измерительной задачи,
2. планирование процесса,
3. эксперимент,
4. обработку результатов измерений,
5. представление результатов измерений.

# 1- этап постановки измерительной задачи

---

В основе постановки измерительной задачи лежат условия, которые исходят из:

- целей измерения конкретного объекта,
- условий измерения заданного параметра.

# 2 - этап планирования

---

**Этап планирования** процесса измерений в целом сводится к разработке проекта методики измерений.

Для планирования измерительного процесса необходимо:

- выбрать измерительное оборудование исходя из его метрологических и технических возможностей и условия проведения измерений
- определить метод измерений,
- установить параметры измерительной процедуры (количество проводимых измерений, число измеряемых точек для каждого параметра, моментов времени измерений и т.д.),
- разработать схемы измерений
- определить размещение измерительного оборудования для выполнения экспериментальных операций,
- определить алгоритм обработки результатов измерений
- выбрать форму представления результата измерений и его точности.



# 3 - этап проведения эксперимента

---

**Этап проведения эксперимента** – проведение измерений в соответствии с разработанной методикой выполнения измерений.

Результаты эксперимента позволяют провести анализ:

- исходных данных и априорной информации о них,
- исходной математической модели,
- исходного алгоритма обработки результатов измерений и при необходимости, осуществить их корректировку.

В итоге выполнения эксперимента получают набор экспериментальных данных, которые подлежат совместной обработке с целью нахождения результата измерения.

## 4 - этап обработки результатов измерений

---

**Этап обработки результатов измерений** включает:

- установление алгоритма обработки экспериментальных данных,
- обработку экспериментальных данных,
- получение результатов измерений
- определение точности полученных результатов.

## 5 - этап представления результатов измерений

---

### Этап представления результатов измерений:

- является заключительным в процессе измерений;
- подводит итог и включает:
  - ✓ оформление результатов измерений,
  - ✓ определение полученных результатов на соответствие требованиям, установленным в ТНПА.

*Результатом этапа является опробование методики измерений.*

# Факторы, влияющие на результат измерений

---

## а) до измерений (a priori)

- Качество и количество априорной информации
- Неадекватность модели объекта
- Несовершенство метода измерений
- Несовершенство средства измерений

# Факторы, влияющие на результат измерений

---

## б) в процессе измерений

- Неправильная установка средств измерений
- Влияние средств измерений на объект
- Климатические
- Электрические и магнитные
- Ионизирующие излучения и др.
- Случайные внешние помехи и внутренние шумы
- Квалификация и психофизическое состояние персонала

# Факторы, влияющие на результат измерений

---

## **в) после измерений (a posteriori)**

- Качество алгоритма обработки данных
- Несовершенство средства обработки данных
- Квалификация и психофизической состояние персонала

# 7. Классификация измерений

---

**Измерения**

**По способу  
получения  
информации**

**По характеру  
изменения получаемой  
информации  
в процессе измерений**

**По количеству  
измеряемой  
информации**

**Прямые**

**Косвен-  
ные**

**Совокуп-  
ные**

**Совмест-  
ные**

**Статичес-  
кие**

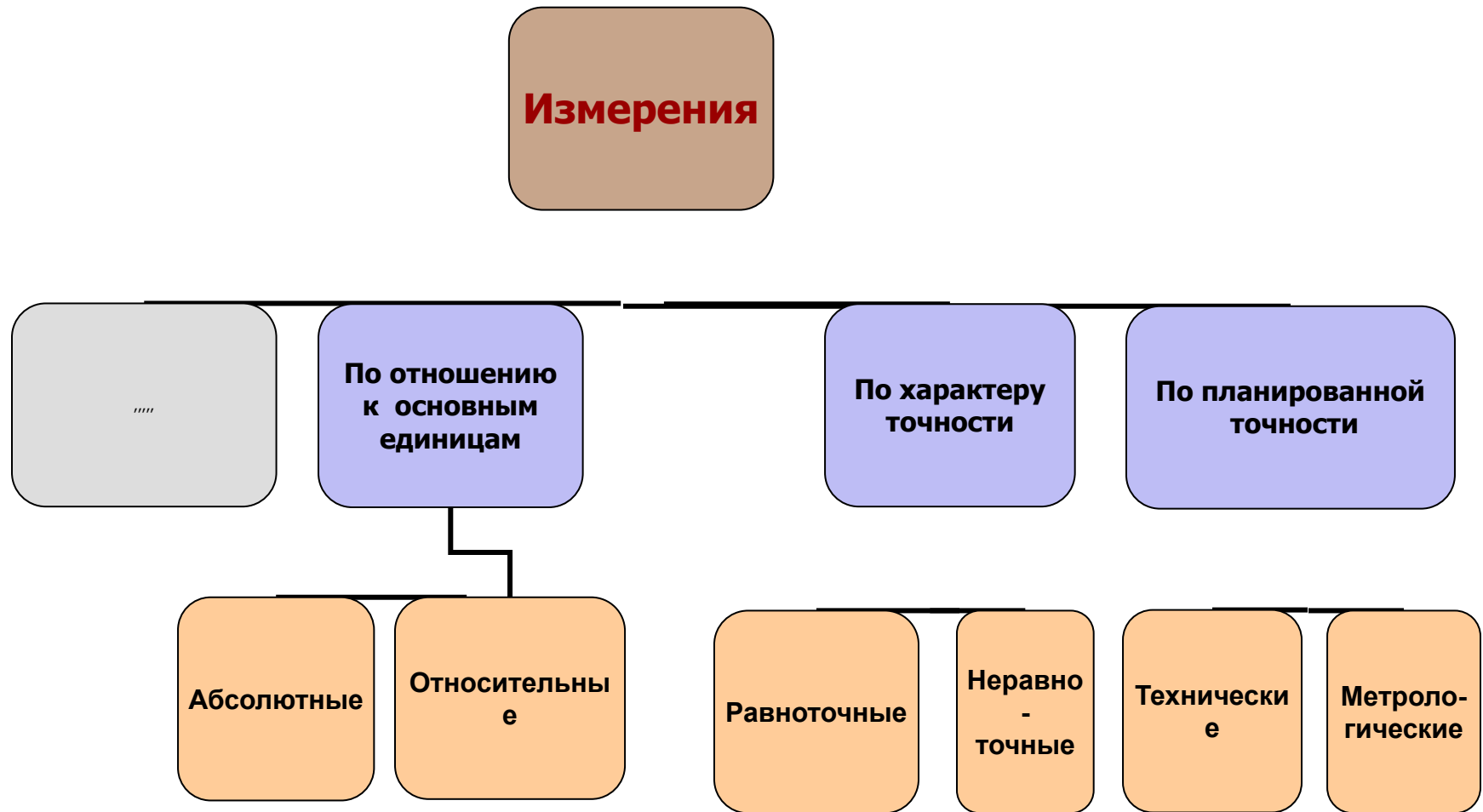
**Динами-  
ческие**

**Одно-  
кратные**

**Много-  
кратные**

# Классификация измерений

---





## Измерения физических величин по способу получения информации

---

**прямое измерение** -  
измерение, при  
котором искомое  
значение физической  
величины получают  
непосредственно.

$$Q = X$$

Q – измеряемая  
величина

X – результат измерения

**косвенное измерение** –  
определение искомого значения  
физической величины на  
основании результатов прямых  
измерений других физических  
величин, функционально  
связанных с искомой величиной.

$$Q = F (X, Y, Z)$$

X, Y, Z – результаты прямых измерений

Пример: нахождение значений угла  
для прямоугольного треугольника  
по измеренным длинам сторон

## Измерения физических величин по способу получения информации

---

### **совокупные измерения -**

проводимые одновременно измерения нескольких одноименных ( $L_1, L_2, L_3$ ) величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях

Пример: при определении взаимной индуктивности катушки  $M$  используют два метода (сложения и вычитания полей). Если индуктивность одной из них  $L_1$  а другой -  $L_2$ , то находят:

$$L_{01} = L_1 + L_2 + 2M$$

$$L_{02} = L_1 + L_2 - 2M.$$

откуда  $M = (L_{01} - L_{02}) / 4$

# Измерения физических величин по способу получения информации

---

## совместные измерения -

проводимые одновременно измерения двух или нескольких неодноименных (X, Y, Z) величин для определения зависимости между ними

Пример: измерение сопротивления  $R_1$  проводника при фиксированной температуре  $t$  определяется по формуле

$$R_1 = R_0(1 + a \Delta t)$$

где  $R_0$  и  $a$  - сопротивление при известной температуре  $t_0$  (обычно 20 °С) и температурный коэффициент - величины постоянные, измеренные косвенным методом;

$\Delta t = t - t_0$  - разность температур;

$t$  - заданное значение температуры, измеряемое прямым методом

# Измерения физических величин по характеру изменения получаемой информации

## статическое измерение

- de Messung einer statischen Grösse
- en static measurement
- fr mesure statique

Измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменяемую на протяжении времени измерения.

Результат фиксируется без динамических искажений.

## динамическое измерение

- de Messung einer dynamischen Grösse
- en dynamic measurement
- fr mesure dynamique

Измерение изменяющейся по размеру физической величины на протяжении времени измерения.

Пример: измерение температуры с помощью электронного термометра, а не спиртового или ртутного (т.к. измерительные преобразования неизмеримо медленнее)

# Измерения физических величин по количеству измеряемой информации

---

## **однократное измерение**

Измерение выполненное один (три) раза.

*Примечание: во многих случаях на практике выполняются именно однократные измерения.*

Пример: измерение конкретного момента времени по часам обычно производится один раз

## **многократное измерение**

Измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких (более 3-х) следующих друг за другом измерений, т. е. состоящее из ряда измерений.

# Измерения физических величин по отношению к основным единицам

---

## абсолютное измерение

Измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

Пример:  **$F = mg$**

$m$  – масса (измеряется)

$g$  – ускорение свободного падения (постоянная)

## относительное измерение

Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную

Пример:

измерение относительной влажности, относительного удлинения, коэффициента полезного действия и т.д.

# Измерения физических величин по характеру точности

---

## равноточные измерения

Ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

$$\Delta 1 \approx \Delta 2$$

где: 1, 2 – серии измерений  
 $\Delta 1, \Delta 2$  - погрешности измерений

## неравноточные измерения

Ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

$$\Delta 1 \neq \Delta 2$$

# Измерения физических величин по планируемой точности

---

## технические измерения

Измерения с помощью рабочих средств измерений с заранее установленной точностью

$$\Delta \leq [\Delta]$$

$\Delta$  - погрешность измерения

$[\Delta]$  - заданное значение погрешности измерения

## метрологические измерения

Измерения при помощи эталонов с целью воспроизведения единиц величин для передачи их размера рабочим средствам измерений с максимально достижимой точностью

$$\Delta \rightarrow 0$$



# 8. Методы измерения

---

**Метод измерений** – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерения.

По способу получения результатов измерений разделяют:

**1. метод непосредственной оценки** (точность ограничена)

Метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений

$$Q = X$$

Q – измеряемая величина

X – показания средства измерения

**Пример:** измерение массы взвешиванием на электронных весах

**2. метод сравнения с мерой** (точность высокая)

Метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

$$Q = X + X_m$$

$X_m$  – величина, воспроизводимая мерой

**Пример:** измерение массы на рычажных весах с уравновешиванием объекта гирями

# Разновидности метода сравнения с мерой

---

**2.1 Нулевой метод** – метод, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.

**Примеры:**

- а) взвешивание на равноплечих весах с полным уравновешиванием  $Q \approx X_M$
- б) взвешивание на неравноплечих весах  
 $P_1 * L_1 = P_2 * L_2$

**2.3 метод измерений замещением** - метод, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины

**Пример:** взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда)

**2.2 Дифференциальный метод** – метод, в котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими величинами

**Пример:** измерения, выполняемые при поверке мер длины сравнением с эталонной мерой на компараторе

**2.4 Метод измерений дополнением** - метод, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению

# «Международный словарь по метрологии» (VIM)

---

## 2.5 (2.6)

### **метод измерения**

*англ.* **measurement method, method of measurement**

*фр.* **méthode de mesure, f**

общее описание логической последовательности операций, которые используются при измерении.

**Метод сравнения** с мерой реализуется в нескольких разновидностях :

- нулевой метод измерения,
- метод замещения,
- дифференциальный метод измерения,
- метод противопоставления,
- метод дополнения,
- контактный метод,
- бесконтактный метод