



МЕТРОЛОГИЯ

Термины, определения и классификации

Метрология (от греч. «metron» – мера, «logos» – учение) – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства измерений и методах и средствах обеспечения их требуемой точности

Объектом метрологии является физическая величина

Предметом метрологии является измерение свойств объектов (длины, массы, плотности и т.д.) и процессов (скорость протекания, интенсивность протекания и др.) с заданной точностью и достоверностью

Аксиомы метрологии:

- 1 Любое измерение без априорной информации невозможно
- 2 Любое измерение есть сравнение
- 3 Результат любого измерения без округления значения является случайной величиной



Неверные весы – мерзость пред Господом, но правильный вес угоден Ему. [Книга Притчей Соломоновых 11:1]

Основные понятия и определения метрологии

Мера – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения физических величин в установленных единицах (*гиря, часы, линейка, метрика кода ПО*)

Физическая величина – это одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого физического объекта

Измеряемые физические величины могут быть выражены количественно в установленных единицах измерения (единицах физической величины)

Оцениваемые физические величины - это величины, для которых единицы измерений не могут быть введены. Их определяют при помощи установленных шкал (*цвет*).

Физические величины

▼ *вещественные* – описывают физические и физико-химические свойства веществ, материалов и изделий из них

▼ *энергетические* – описывают энергетические характеристики процессов преобразования, передачи и поглощение (использование) энергии

▼ *динамические* - величины, характеризующие протекание процессов во времени

Единицей физической величины – называют физическую величину фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение равное единице, и которое применяется для количественного выражения однородных с ней физических величин.

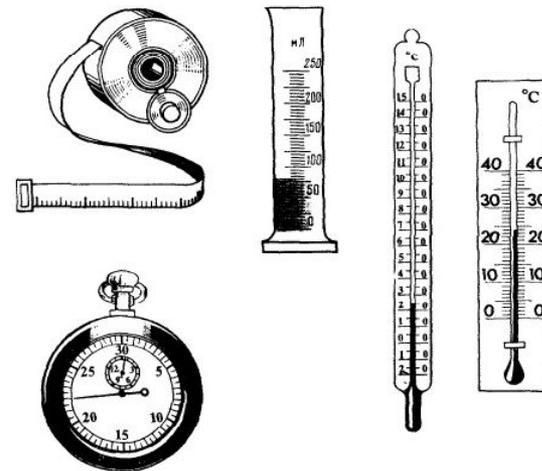
Различают *основные* и *производные* единицы физических величин.

Для некоторых физических величин единицы устанавливаются произвольно, такие единицы физических величин называют **основными**.

Производные единицы физических величин получают по формулам из основных единиц физических величин.

ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин

Система единиц физических величин – это совокупность основных и производных единиц физических величин, относящихся к некоторой системе величин



Основные единицы системы измерений СИ

Физическая величина	Наименование единицы*	Обозначение	
		международное	русское
Основные единицы			
Длина	метр	m	м
Масса	килограмм	kg	кг
Время	секунда	s	с
Сила электрического тока	ампер	A	А
Термодинамическая температура	кельвин	K	К
Сила света	кандела	cd	кд
Количество вещества	моль	mol	моль

Единство измерений - понятие, характеризующее состояние измерений, когда их результаты выражены в узаконенных единицах, а *погрешности* известны и не выходят за установленные пределы с заданной вероятностью.

Погрешность измерения – это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Эталон единицы физической величины – это средство измерения, предназначенное для хранения и воспроизведения единицы физической величины с целью её передачи другим средствам измерений данной величины

Эталон физической величины – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения и хранения физической величины с целью ее передачи другим средствам измерения данной величины

Государственный первичный эталон - утвержден в качестве исходного для всей страны



Вторичные эталоны

Эталоны-свидетели: предназначены для замены государственного первичного эталона в случае его порчи или утраты

Эталоны – сравнения: служат для сличения эталонов, которые по каким-либо причинам не могут непосредственно сличаться друг с другом

Эталоны – копии: используются для передачи размеров к рабочим эталонам

Рабочие эталоны: применяются для контроля качества продукции, а также для поверки рабочих средств измерения

1 По форме числового выражения:

абсолютные

X – измеренное или округленное значение
(обусловлено погрешностью измерительного прибора)

X_Д – истинное или действительное значение

$$\Delta X = X - X_D$$

относительные

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_D} * 100\%$$

2 По источникам возникновения

- а) **инструментальные** - обусловлены несовершенством свойств средств измерения;
- б) **методические** - возникают в результате несовершенства принятого метода измерений, при использовании эмпирических зависимостей (формула получена на основе эксперимента) и т.д.;
- в) **субъективные** – погрешности оператора.

3 По характеру проявления

- а) **систематическая** – такая погрешность в процессе измерения одной и той же ФВ остается постоянной или изменяется по определенному закону при одинаковых условиях измерения, подразделяется на:
 - *постоянная* (присутствует все время на протяжении измерений);
 - *временная*;
- б) **случайная** – это погрешность, которая изменяется случайным образом при повторном измерении одной и той же величины в одних и тех же условиях.
Случайные погрешности, в отличие от систематических, изменяются хаотично по неизвестному закону.

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

Истинное значение физической величины – это значение, идеально отражающее соответствующее свойство объекта, как в количественном, так и в качественном отношениях

Действительное значение физической величины – это значение, найденное опытным путём и настолько приближенное к истинному, что для данной цели может быть принято вместо него

Измеренное значение физической величины – это значение, полученное при измерении с применением конкретных методов и средств измерений



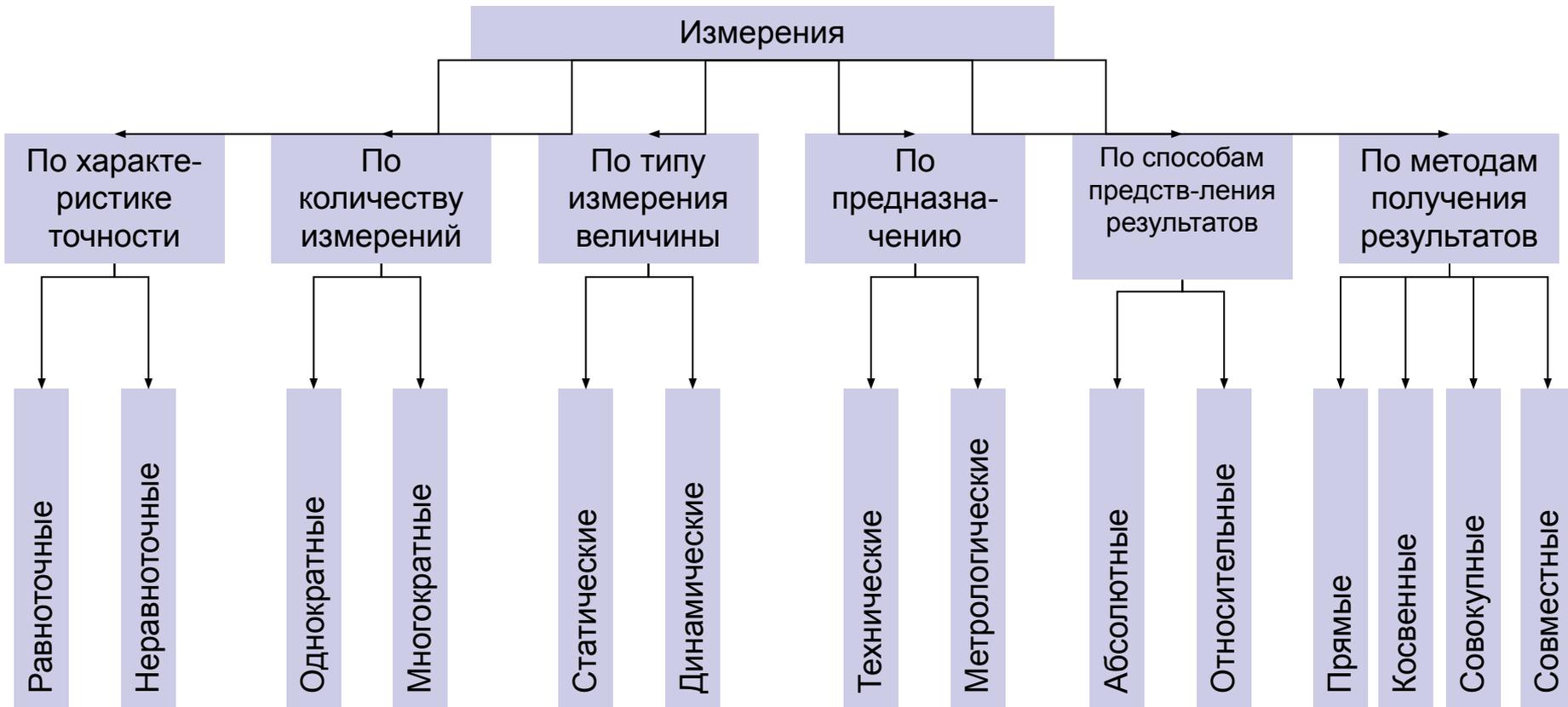
Свойства средств измерений

точность – отражает близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины

сходимость – это свойство измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях одним и тем же средством измерения, одним и тем же оператором

правильность – это свойство измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах

воспроизводимость – это свойство измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений выполняемых в разных условиях, т.е. в разное время, в разных местах, разными методами и средствами измерений



Прямые измерения – это измерения, выполняемые при помощи мер, т. е. измеряемая величина сопоставляется непосредственно с ее мерой. Примером прямых измерений является измерение

длины (мера – транспортир). Косвенные измерения называются измерениями, в которых раз. величина измеряется с помощью мер, связанных с мерой измеряемой величины. Например, измерение температуры с помощью термометра. Совокупные измерения – это измерения, в которых измеряется несколько величин, связанных между собой. Например, измерение скорости и времени для определения расстояния. Совместные измерения – это измерения, в ходе которых измеряется минимум две неоднородные физические величины с целью установления существующей между ними зависимости (закон Ома).

Совместные измерения – это измерения, в ходе которых измеряется минимум две неоднородные физические величины с целью установления существующей между ними зависимости (закон Ома)



Метод измерений – это приём или совокупность приёмов сравнения измеряемой физической величины с её единицей в соответствии с реализованным принципом измерений

Прямые измерения

Метод непосредственной оценки – значение величины определяют непосредственно по отсчётному устройству измерительного прибора

Метод сравнения с мерой – измеряемую величину сравнивают с величиной воспроизводимой мерой (измерение массы рычажными весами с уравниванием гирями)

Дифференциальный метод – сравнение с мерой, при котором на измерительный прибор действует разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой (измерения, выполняемые при проверке мер длины сравнением с образцовой мерой на компараторе)

Нулевой метод – сравнение с мерой, когда результирующий эффект воздействия на прибор сравнения доводят до нуля (измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием)

Метод совпадений – сравнение с мерой, при котором разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал прибора (измерение линейных размеров с помощью штангенциркуля)

Метод замещения – метод сравнения с мерой, когда измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (взвешивание с поочерёдным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов)

Средство измерений – это техническое средство или комплекс средств, предназначенное для измерений

Имеет нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие или хранящие единицу физической величины



Функции средств измерений:

– воспроизводить величину заданного типа;

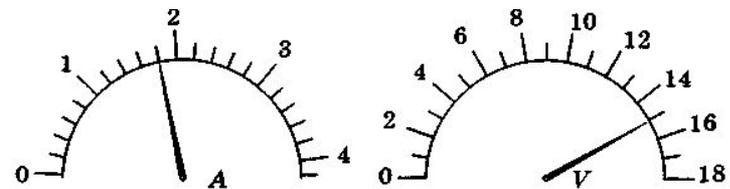
или

– выработать сигнал, несущий информацию о значении измеряемой величины.

Метрологическая характеристика - это характеристика средства измерения, влияющая на результат и его погрешность

Цена деления шкалы прибора – это разность величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Она всегда указывается на шкале прибора.

Начальное и конечное значение шкалы – наименьшее и наибольшее значение измеряемой величины, которые могут быть отсчитаны по шкале данного средства измерения.



Диапазон показаний средства измерений – это область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы

Чувствительность – это способность средства измерения реагировать на изменения измеряемой величины. Определяется как отношение изменения выходного сигнала средств измерения к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Порог чувствительности средств измерения – то наименьшее значение изменения физической величины, с которого возможно начать измерение этой величины данным средством измерения.

ЦЕНА ДЕЛЕНИЯ ШКАЛЫ ПРИБОРА И ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Цена деления прибора

Если нам необходимо измерить какую-либо физическую величину в обычных условиях, мы используем для этого специальные измерительные приборы. На измерительных приборах нанесены штрихи, некоторые из которых подписаны определенными значениями. Между соседними подписанными штрихами может быть нанесено несколько неподписанных штрихов поменьше. Штрихи и подписанные значения физической величины образуют шкалу прибора. Промежуток между двумя соседними штрихами называется **делением** шкалы. Значение физической величины, соответствующее самому маленькому делению, называется **ценой деления** шкалы прибора.

Вычисление цены деления шкалы прибора:

$$\text{Цена деления} = \frac{|a_2 - a_1|}{n}$$

a_1, a_2 - пара ближайших числовых значений на шкале
 n - количество делений шкалы между этими значениями

$$\text{Цена деления} = \frac{(8 - 7) \text{ см}}{10 \text{ делений}} = 0,1 \text{ см/дел}$$



Погрешность измерений

Всякое измерение может быть проведено с большей или меньшей точностью. Допускаемую при измерении неточность называют **погрешностью измерений**. Погрешность измерения не может быть больше цены деления шкалы измерительного прибора. Точность измерений зависит от цены деления шкалы прибора. Чем меньше цена деления, тем больше точность измерения. **Погрешность измерений равна половине цены деления шкалы измерительного прибора.**

Запись величин с учётом погрешности:

$$A = a \pm \Delta a$$

A - измеряемая величина
 a - результат измерений
 Δa - погрешность измерений
(Δ - греческая буква "дельта")

Если длина карандаша примерно равна 13,7 см, а цена деления линейки - 1 мм, то длину карандаша можно записать следующим образом:

$$l = (13,70 \pm 0,05) \text{ см, где } l - \text{длина карандаша}$$



Примеры оформления записи



$$U = (3,4 \pm 0,2) \text{ В}$$



$$I = (1,7 \pm 0,1) \text{ А}$$

Контрольные вопросы:

1. Основные единицы системы измерений СИ.
2. Какие стандарты вы знаете?
3. Какие измерительные приборы и для каких целей вы применяли во время обучения в университете?
4. Единица измерения информации. Множители, кратные единице информации.