

МЕТРОЛОГИЯ

**ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ
МЕТРОЛОГИИ**

1. Предмет и задачи метрологии

Метрология (от греч. μέτρον — мера, + др.-греч. λόγος — мысль, причина) — наука об измерениях, средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Нормативная база для этого — метрологические стандарты.

Объекты метрологии:

- 1) единицы измерения величин;
- 2) средства измерений;
- 3) методики, используемые для выполнения измерений и т. д.

Предмет метрологии:

извлечение количественной информации о свойствах объектов с заданной точностью и достоверностью;

Основные задачи метрологии:

- установление единиц физических величин, государственных эталонов и образцовых средств измерений;
- разработка теории, методов и средств измерений и контроля;
- обеспечение единства измерений;
- разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерений и контроля;
- разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Основные направления метрологии:

- 1) общая теория измерений;
- 2) системы единиц физических величин;
- 3) методы и средства измерений;
- 4) методы определения точности измерений;
- 5) основы обеспечения единства измерений, а также основы единообразия средств измерения;
- 6) эталоны и образцовые средства измерений;
- 7) методы передачи размеров единиц от образцов средств измерения и от эталонов рабочим средствам измерения.

Исторически важные этапы в развитии метрологии:

XVIII век — установление эталона метра (эталон хранится во Франции, в Музее мер и весов; в настоящее время является в большей степени историческим экспонатом, нежели научным инструментом);

1832 год — создание Карлом Гауссом абсолютных систем единиц;

1875 год — подписание международной Метрической конвенции;

1960 год — разработка и установление Международной системы единиц (СИ);

XX век — метрологические исследования отдельных стран координируются Международными метрологическими организациями.

2. Основные термины метрологии

Физическая величина – характеристика одного из свойств физического объекта:

- общая в качественном отношении многим физическим объектам; но
- индивидуальная в количественном отношении для каждого объекта.

Для физической величины определены два основных понятия:

1) *Значение физической величины* — одно или несколько (в случае тензорной физической величины) чисел, характеризующих эту физическую величину, с указанием единицы измерения, на основе которой они были получены.

2) *Размер физической величины* — значения чисел, фигурирующих в значении физической величины.

Единица физической величины - физическая величина, которой по условию присвоено числовое значение, равное единице.

Измерение физических величин - количественная и качественная оценка физического объекта с помощью средств измерения.



Физическая величина: **длина**

Значение физ.величины: **4500 мм**

Размер физ.величины: **4500**

Единица измерения физ.величины: **1 мм**

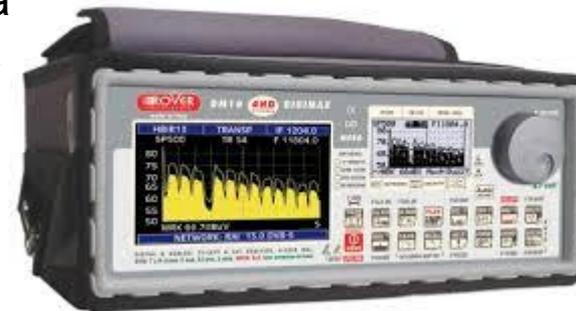
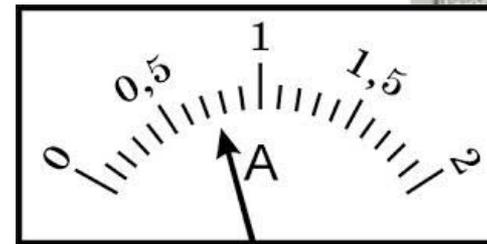
Средство измерения, представляющее собой техническое средство, имеющее нормированные метрологические характеристики. К ним относятся измерительный прибор, мера, измерительная система, измерительный преобразователь, совокупность измерительных систем.

Измерительный прибор - средство измерений, вырабатывающее информационный сигнал в такой форме, которая была бы понятна для непосредственного восприятия наблюдателем.

Мера – средство измерений, воспроизводящее физическую величину заданного размера. Например, если прибор аттестован как средство измерений, его шкала с оцифрованными отметками является мерой.

Измерительная система - совокупность средств измерений, которые соединяются друг с другом посредством каналов передачи информации для выполнения одной или нескольких функций.

Измерительный преобразователь – средство измерений, которое производит информационный измерительный сигнал в форме, удобной для хранения, просмотра и



Принцип измерений как совокупность физических явлений, на которых базируются измерения.

Метод измерений как совокупность приемов и принципов использования технических средств измерений.

Методика измерений как совокупность методов и правил, разработанных метрологическими научно—исследовательскими организациями, утвержденных в законодательном порядке.

Погрешность измерений, представляющую собой различие между истинными значениями физической величины и значениями, полученными в результате измерения.

Основная единица измерения, понимаемая как единица измерения, имеющая эталон, который официально утвержден; - например, единица массы – килограмм.

Производная единица как единица измерения, связанная с основными единицами на основе математических моделей через энергетические соотношения, не имеющая эталона; - например, грамм – одна тысячная килограмма.

Эталон, который имеет предназначение для хранения и воспроизведения единицы физической величины, для трансляции ее габаритных параметров нижестоящим по поверочной схеме средствам измерения. Существует понятие «первичный эталон», под которым понимается средство измерений, обладающее наивысшей в стране точностью. Есть понятие «эталон сравнений», трактуемое как средство для связи эталонов межгосударственных служб. И есть понятие «эталон-копия» как средство измерений для передачи размеров единиц образцовым средствам.

Образцовое средство, под которым понимается средство измерений, предназначенное только для трансляции габаритов единиц рабочим средствам измерений.

Рабочее средство, понимаемое как «средство измерений для оценки физического явления».

Точность измерений, трактуемая как числовое значение физической величины, обратное погрешности, определяет классификацию образцовых средств измерений. По показателю точности измерений средства измерения можно разделить на: наивысшие, высокие, средние, низкие.

3. Измерения Классификация измерений

1. По характеристике точности

- равноточные
- неравноточные.

2. По количеству испытаний

- однократные
- многократные.

3. По типу изменения величины

- статические
- динамические.

4. По назначению

- технические
- метрологические.

5. По способу представления результата

- абсолютные
- относительные.

6. По методам получения результатов

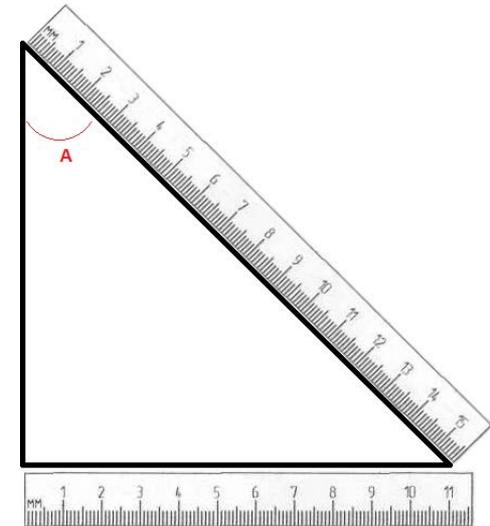
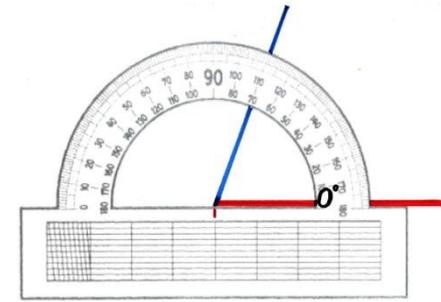
- прямые,
- косвенные,
- совокупные
- совместные.

Прямые измерения – это измерения, выполняемые при помощи мер.

Косвенные измерения – это измерения, при которых значение измеряемой величины вычисляется при помощи значений, полученных посредством прямых измерений, и некоторой известной зависимости между данными значениями и измеряемой величиной

Совокупные измерения – это измерения, результатом которых является решение некоторой системы уравнений, которая составлена из уравнений, полученных вследствие измерения возможных сочетаний измеряемых величин.

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



4. Основные характеристики измерений

Выделяют следующие основные характеристики измерений:

- 1) метод, которым проводятся измерения;
- 2) принцип измерений;
- 3) погрешность измерений;
- 4) точность измерений;
- 5) правильность измерений;
- 6) достоверность измерений.

1) Метод измерений – это способ или комплекс способов, посредством которых производится измерение данной величины, т. е. сравнение измеряемой величины с ее мерой согласно принятому принципу измерения.

Можно выделить следующие методы измерений:

1. По способу получения значений измеряемых величин различают два основных метода измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой.

Метод непосредственной оценки – метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия.

Метод сравнения с мерой – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Существует несколько разновидностей метода сравнения:

- Метод противопоставления, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения;
- Дифференциальный метод, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой.
- Нулевой метод, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля.
- Метод совпадений, при котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов

2. При измерении линейных величин независимо от рассмотренных методов различают контактный и бесконтактный методы измерений.

3. В зависимости от измерительных средств, используемых в процессе измерения, различают инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический методы измерений.

Инструментальный метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.

Экспертный метод оценки основан на использовании данных нескольких специалистов. Широко применяется в квалиметрии, спорте, искусстве, медицине.

Эвристические методы оценки основаны на интуиции.

Органолептические методы оценки основаны на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса).

2) Принцип измерений – это некое физическое явление или их комплекс, на которых базируется измерение. Например, измерение температуры основано на явлении расширения жидкости при ее нагревании (ртуть в термометре).

3) Погрешность измерения – это разность между результатом измерения величины и настоящим (действительным) значением этой величины. Погрешность, как правило, возникает из-за недостаточной точности средств и методов измерения или из-за невозможности обеспечить идентичные условия при многократных наблюдениях.

4) Точность измерений – это характеристика, выражающая степень соответствия результатов измерения настоящему значению измеряемой величины. Количественно точность измерений равна величине относительной погрешности в минус первой степени, взятой по модулю.

5) Правильность измерения – это качественная характеристика измерения, которая определяется тем, насколько близка к нулю величина постоянной или фиксировано изменяющейся при многократных измерениях погрешности (систематическая погрешность). Данная характеристика зависит, как правило, от точности средств измерений.

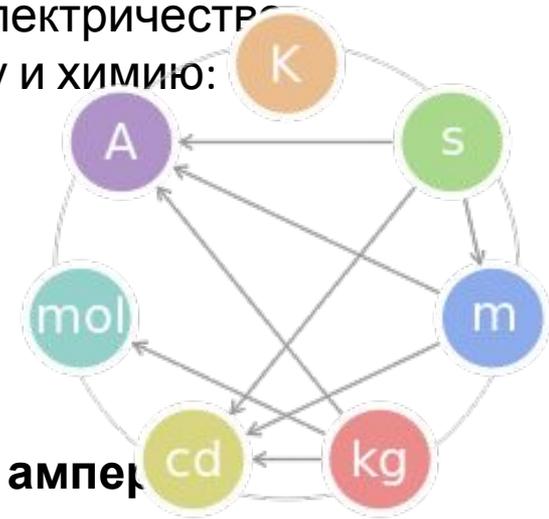
6) Достоверность измерений – это характеристика, определяющая степень доверия к полученным результатам измерений. По данной характеристике измерения делятся на достоверные и недостоверные.

5. Единицы измерения физических величин

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам была утверждена Международная система единиц (СИ).

В основе Международной системы единиц лежат семь единиц, охватывающих следующие области науки: механику, электричество, теплоту, оптику, молекулярную физику, термодинамику и химию:

- 1) единица длины (механика) – **метр**;
- 2) единица времени (механика) – **секунда**;
- 3) единица массы (механика) – **килограмм**;
- 4) единица силы электрического тока (электричество) – **ампер**;
- 5) единица термодинамической температуры (теплота) – **кельвин**;
- 6) единица силы света (оптика) – **кандела**;
- 7) единица количества вещества (молекулярная физика, термодинамика и химия) – **моль**.



В Международной системе единиц есть дополнительные единицы:

- 1) единица измерения плоского угла – **радиан**;
- 2) единица измерения телесного угла – **стерадиан**.

1) Метр - длина пути, который проходит свет в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды.

Определения метра с 1795 года

Основа	Дата	Абсолютная неопределённость	Относительная неопределённость
$\frac{1}{40\,000\,000}$ часть Парижского меридиана, измеренная Деламбром и Мешеном	1795	0.5-0.1 мм	10^{-4}
Первый эталон Metre des Archives из платины	1799	0.05-0.01 мм	10^{-5}
Платино-иридиевый профиль при температуре таяния льда	1889	0.2-0.1 МКМ	10^{-7}
Платино-иридиевый профиль при температуре таяния льда и атмосферном давлении, поддерживаемый двумя роликами	1927	неизв.	неизв.
1 650 763,73 длин волн оранжевой линии спектра, излучаемого изотопом криптона в вакууме	1960	4 НМ	$4 \cdot 10^{-9}$ [1]



Международный эталон метра, использовавшийся с 1889 по 1960 годы.

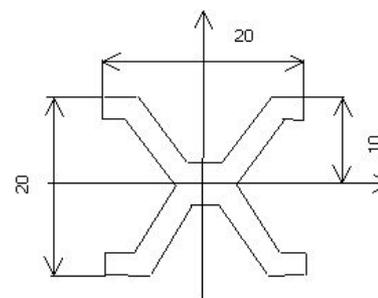


Рис. 1

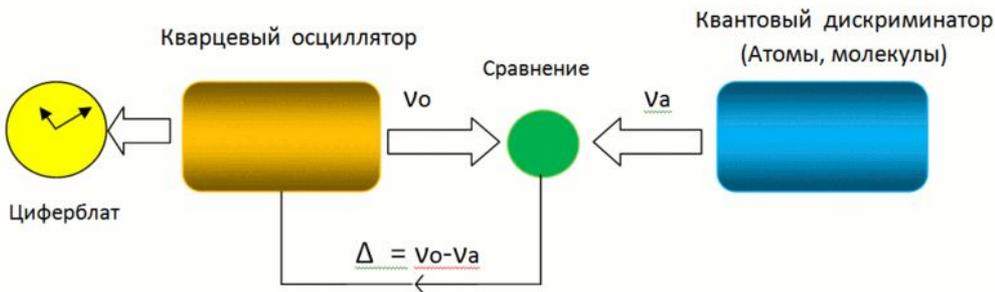
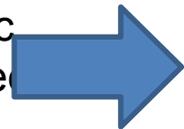
2) Секунда - время, равное 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Термин заимствован в XVIII веке из латыни, где «secunda» — сокращение выражения «pars minuta secunda» — «часть мелкая вторая» (часа), в отличие от «pars minuta prima» — «часть мелкая первая» (часа).

С изобретением атомных часов в начале 1960-х, было решено использовать международное атомное время как основу для определения секунды взамен обращения Земли вокруг Солнца.

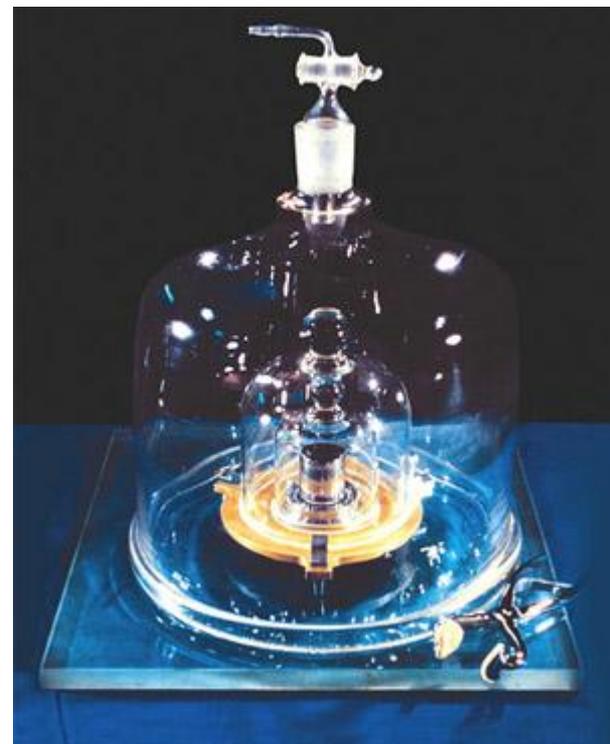
Международное атомное время - время, в основу измерения которого положены электромагнитные колебания, излучаемые атомами или молекулами при переходе из одного энергетического состояния в другое.

FOCS 1, атомные часы в Швейцарии с погрешностью 10^{-15} , то есть не более секунды за 30 миллионов лет



3) Килограмм - есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма. Прототип килограмма, хранится в штаб-квартире Международного бюро мер и весов в Севре.

Эталон килограмма почти 120 лет хранится во Франции. За это время его масса уменьшилась на немалую величину (до 0,1 мг). Это цилиндр из платиново-иридиевого сплава 3,9 см высотой и столько же в диаметре. Для ученых плавающая единица измерения — большая помеха, которая отражается на результатах точных работ.

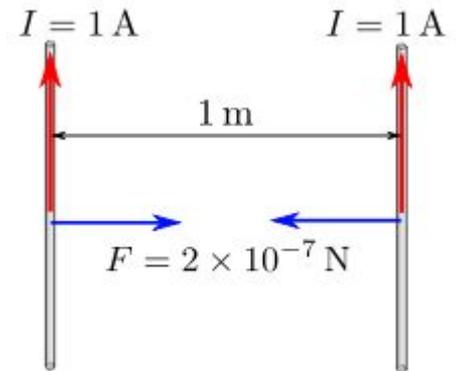


Один из претендентов на роль нового эталона килограмма — шар из кристалла изотопа кремния-28, созданный немецкими учеными из Института выращивания кристаллов.

Первоначально грамм был определён в 1795 году как масса одного кубического сантиметра дистиллированной воды при температуре 4 °C и стандартном атмосферном давлении на уровне моря.

4) **Кельвин** равен $1/273,16$ части термодинамической температуры, так называемой тройной точки воды. *Тройная точка воды* – строго определенные значения температуры и давления, при которых вода может одновременно и равновесно существовать в виде трёх фаз – в твердом, жидком и газообразном состояниях. Тройная точка воды – температура 273,16 К и давление 611,657 Па.

5) **Ампер** есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ ньютона.

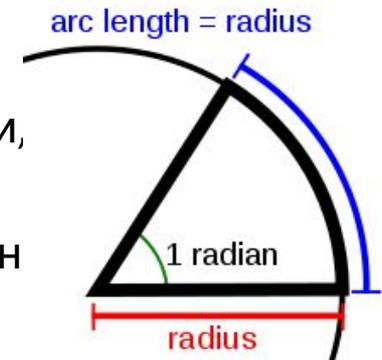


6) **Моль** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг. *Углерод-12* – нуклид химического элемента углерода с атомным номером 6 и массовым числом 12. Один из двух стабильных изотопов углерода.

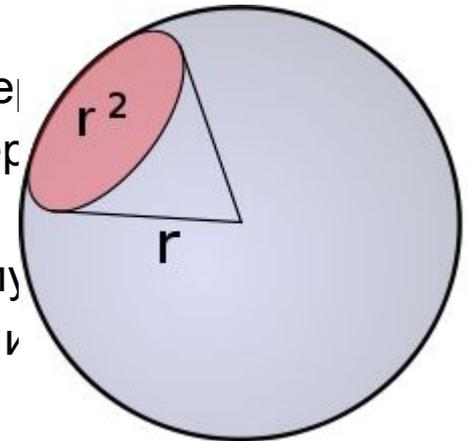
7) **Кандела** – сила света в заданном направлении от источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Ватт/Стерadian.

Дополнительные единицы:

8) Единица плоского угла – это **радиан**, или сокращенно рад, представляющий собой угол между двух радиусов окружности, длина дуги между которыми равняется радиусу окружности. Если речь идет о градусах, то радиан равен $57^{\circ}17'48''$. Очевидно, что величина полного угла равна 2π радиан.



9) **Стерadian**, или «ср», принимаемый за единицу телесного угла, представляет собой, соответственно, телесный угол, расположение вершины которого фиксируется в центре сферы, а площадь, вырезаемая данным углом на поверхности сферы, равна площади квадрата, сторона которого равна длине радиуса сферы. Или по другому: стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы радиусом r , вырезающему на поверхности сферы площадь r^2 .



Фильм по измерениям, 1
серия