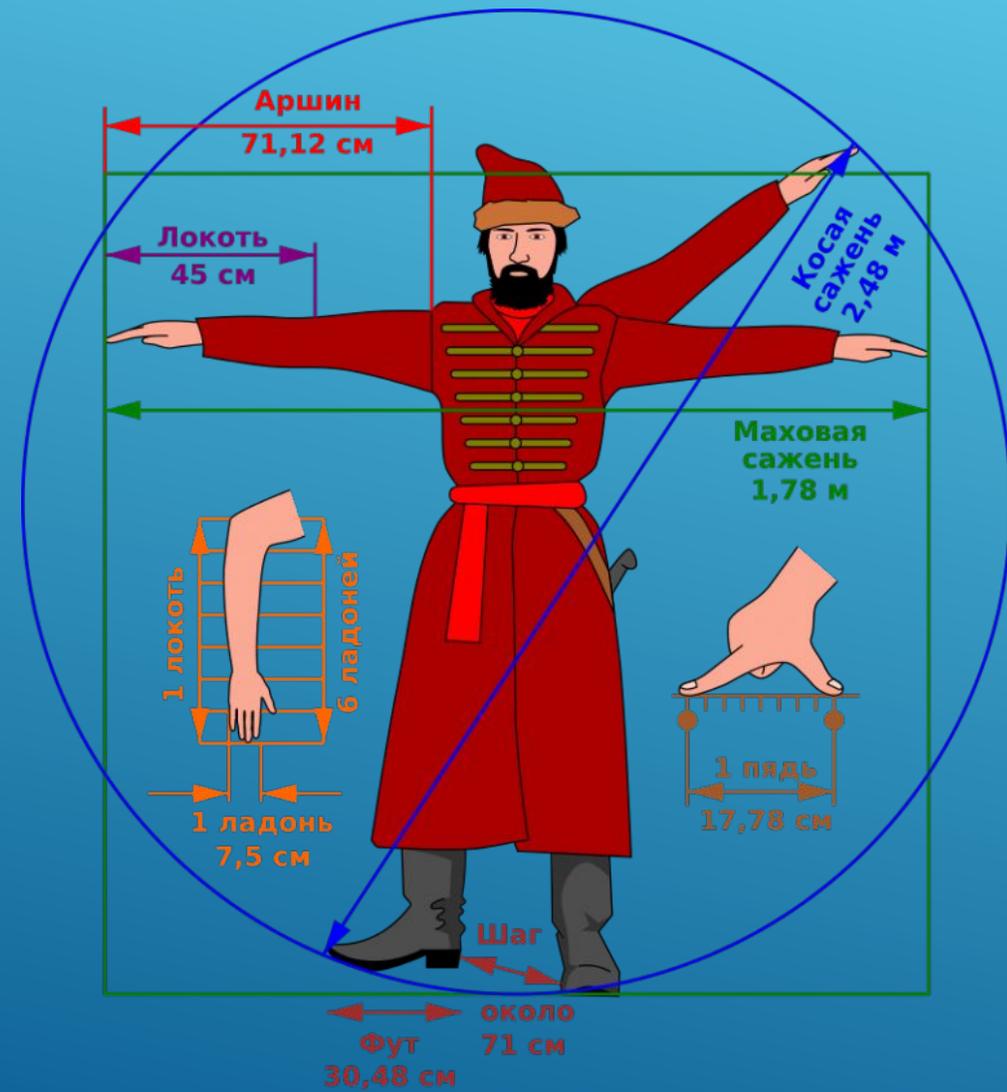


МЕТРОЛОГИЯ

Метрология от греческого метро-мера, логос-учение, наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и требуемой точности измерений



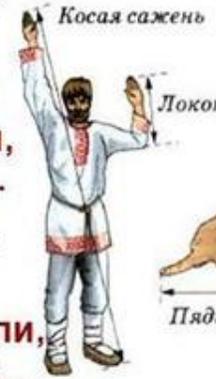
Старые русские меры длины

Не имели наши предки
Ни линейки, ни рулетки.
Но могли предмет любой
Измерять самим собой.

Ткани мерили локтями,
Землю мерили лаптями,
И имели пальцев пять –
Щели в доме измерять.

В общем, жили не тужили,
Не хлебали лаптем щей...
И всему на свете были
Люди – мерою вещей!

- 1 миля = 7 верст
- 1 верста = 1,06679 километра
- 1 сажень = 2,1335808 метра
- 1 аршин = 0,7111936 метра
- 1 вершок = 0,0444496 метра
- 1 фут = 0,304797264 метра
- 1 дюйм = 0,025399772 метра
- 1 сажень = 48 вершков
- 1 сажень = 3 аршина
- 1 сажень = 7 футов
- 1 километр = 0,9373912 версты
- 1 метр = 0,4686956 сажени
- 1 метр = 1,40609 аршина
- 1 метр = 22,4974 вершка
- 1 метр = 3,2808693 фут
- 1 метр = 39,3704320 дюйма





Надзор за применением мер веса возложен на духовенство. В конце XVII в. применение "неорленных" (не проверенных чиновниками) мер запрещалось под страхом смертной казни. В Москве существовала Померная изба с образцами мер.



1736



В 1736 г. Сенат принял решение об образовании Комиссии весов и мер во главе с главным директором Монетного правления графом Михаилом Гавриловичем Головкиным. Комиссией были созданы образцовые **меры** – эталоны, установлено отношение различных мер друг к другу, разработан проект организации поверочного дела в стране. Был внесён проект о десятичном построении мер с учётом того, что система русского денежного счета была построена по десятичному принципу.

В 1841 году в соответствии с принятым Указом "О системе Российских мер и весов", узаконившим ряд мер длины, объема и веса, было организовано при Петербургском монетном дворе Депо образцовых мер и весов - первое государственное поверочное учреждение.

20 мая 1875г Россией была подписана метрическая конвенция. В этом же году была создана Международная организация мер и весов (МОМВ). Место пребывания этой организации - Франция (Севр).

В 1889г. в Депо образцовых мер и весов поступили эталоны килограмма и метра.



Депо образцовых мер и весов

С 1892 года Дмитрий Иванович Менделеев — учёный-хранитель Депо **образцовых гирь и весов**. В обязанности Депо входило хранение эталонов мер и организация их поверки, а также изготовление новых эталонов.

В 1893 году по его инициативе Депо было преобразовано в Главную палату мер и весов (ныне ВНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева).

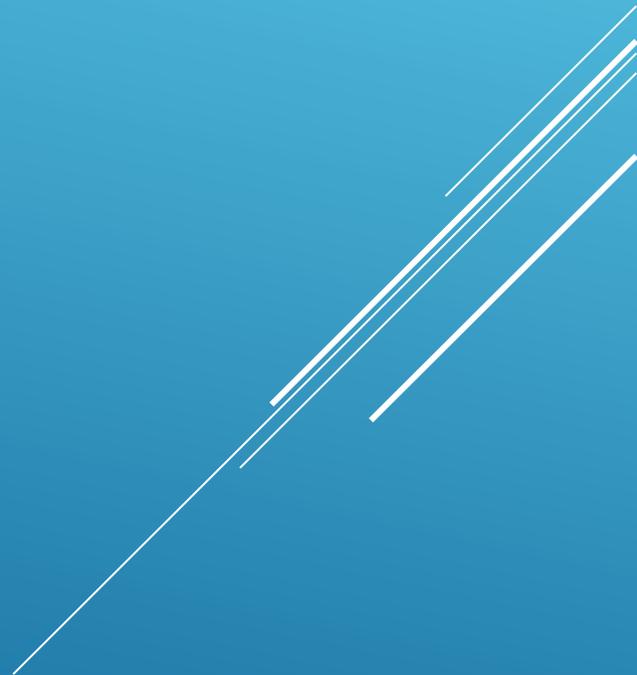


*Облик Главной палаты мер и весов
Фотомачта начала 1900х гг.*

- В 1900 году по инициативе Менделеева впервые в России были созданы первые пять поверочных палаток с эталонами гирь разного достоинства, с эталонными кружками для жидких товаров и измерительной шкалой.

Метрология как наука подразделяется на:

- ▶ законодательную метрологию;
- ▶ фундаментальную (научную) метрологию;
- ▶ прикладную (практическую) метрологию.



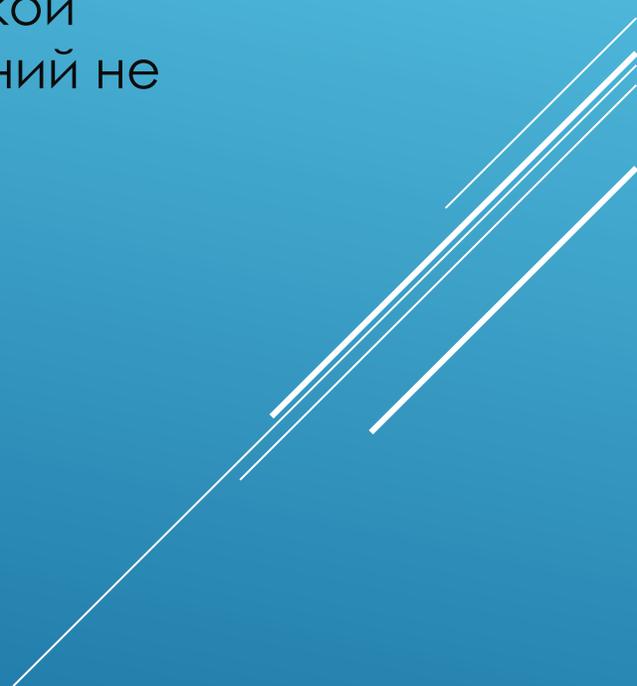
- ▶ **Законодательная метрология** — раздел метрологии, включающий общие правила регламентации и контроля со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразие средств измерений. Законодательная метрология является средством государственного регулирования метрологической деятельности посредством издания законов, законодательных положений, которые вводятся в практику измерений через государственную метрологическую службу и метрологические службы государственных органов управления, метрологические службы предприятий, а также через физических лиц, занимающихся производственной деятельностью. К сфере ее деятельности относятся: испытание и утверждение типа средств измерений, их поверка и калибровка, а также сертификация средств измерений. Ее службы осуществляют государственный метрологический контроль и надзор за всеми средствами измерений (производство не запускается, пока метрологическая служба не произведет поверку приборов).
- ▶ **Фундаментальная метрология** (теоретическая) занимается общими рекомендательными вопросами теории измерений, разработкой новых методов измерений, созданием систем единиц измерений и физических постоянных.
- ▶ **Прикладная метрология** изучает вопросы практического применения результатов разработок фундаментальной и законодательной метрологии в различных сферах деятельности.

Измерение - совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины;

Возможность применения результатов измерений для правильного и эффективного решения любой измерительной задачи определяется следующими тремя условиями:

- ▶ - результаты измерений выражаются в узаконенных (установленных законодательством России) единицах ;
- ▶ - значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью;
- ▶ - значения показателей точности обеспечивают оптимальное в соответствии с выбранными критериями решение задачи, для которой эти результаты предназначены (результаты измерений получены с требуемой точностью).

- ▶ **Единство измерений** - состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы



ВИДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

1) По характеру зависимости измеряемой величины от времени

а) статические - имеют место, когда измеряемая величина практически постоянна (измерения размеров тела, постоянного давления);

б) динамические, связанные с величинами, которые в процессе измерений претерпевают те или иные изменения (измерения пульсирующих давлений, вибраций).

2) По способу получения результатов

- ▶ а) Прямые измерения — измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных путем ее непосредственного сравнения с мерой. (измерение давления, температуры и др.).
- ▶ б) Косвенные измерения — измерения, при которых искомую величину определяют на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, поддающимися прямым измерениям, т.е. измеряют не собственно определяемую величину, а другие, функционально с ней связанные. Значение измеряемой величины находят через преобразование или через установленную формулу (определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения).
- ▶ в) Совокупные измерения — это производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, характеризующих данный предмет или изделие, при которых искомую определяют решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин (определение массы отдельных гирь набора (или прогнозирование погоды на основе замеров силы ветра, влажности воздуха, фронтов и т.п)).
- ▶ г) Совместные измерения — это производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных физических величин для нахождения зависимостей между ними (измерение электрического сопротивления при определенных температурных параметрах и температурных коэффициентов измерительного резистора по данным прямых измерений его сопротивления при различных температурах).

3) По условиям, определяющим точность результата

- ▶ *а) Измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники.*
- ▶ К ним относятся в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин, и, кроме того, измерения физических констант, прежде всего универсальных (например, абсолютного значения ускорения свободного падения и др.). К этому же классу относятся и некоторые специальные измерения, требующие высокой точности.
- ▶ *б) Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения.*
- ▶ К ним относятся измерения, выполняемые лабораториями государственного надзора за внедрением и соблюдением стандартов и состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями, которые гарантируют погрешность результата с определенной вероятностью, не превышающей некоторого заранее заданного значения.
- ▶ *в) Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений.*
- ▶ Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на машиностроительных предприятиях, на щитах распределительных устройств электрических станций и др.

▶ 4) По способу выражения результатов измерений

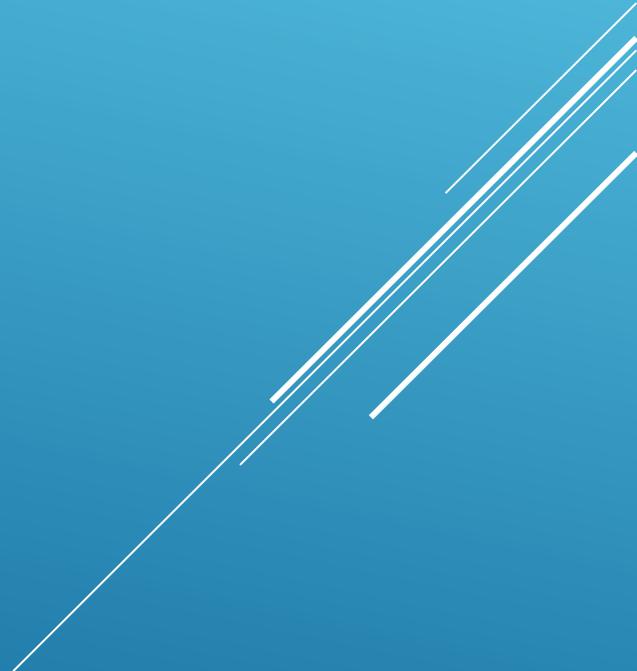
- ▶ а) Абсолютными называются измерения, которые основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или на использовании значений физических констант (определение длины в метрах, силы электрического тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на секунду в квадрате).
- ▶ б) Относительными называются измерения отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную (измерение относительной влажности воздуха)

▶ 5) По характеру изменения измеряемой величины измерения



▶ а) Статические — применяют для измерения случайных процессов, а затем для определения среднестатистической величины;

▶ б) Постоянные — используют для контроля непрерывных процессов.

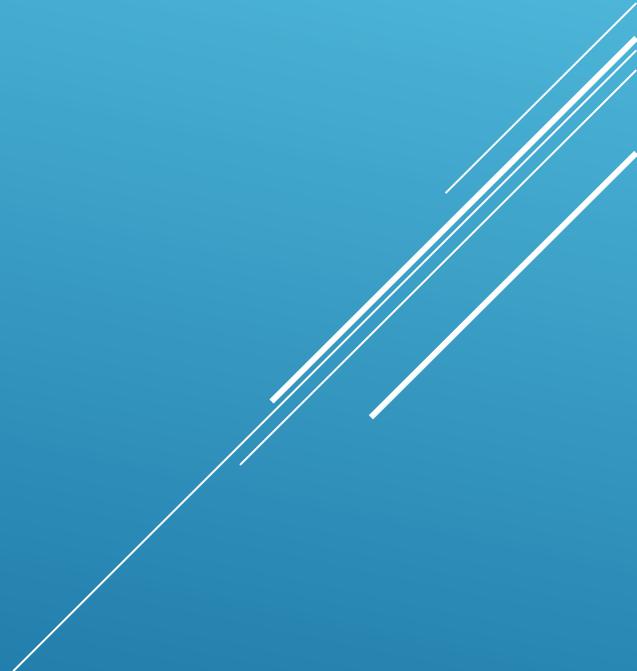


б) По количеству измерительной информации измерения

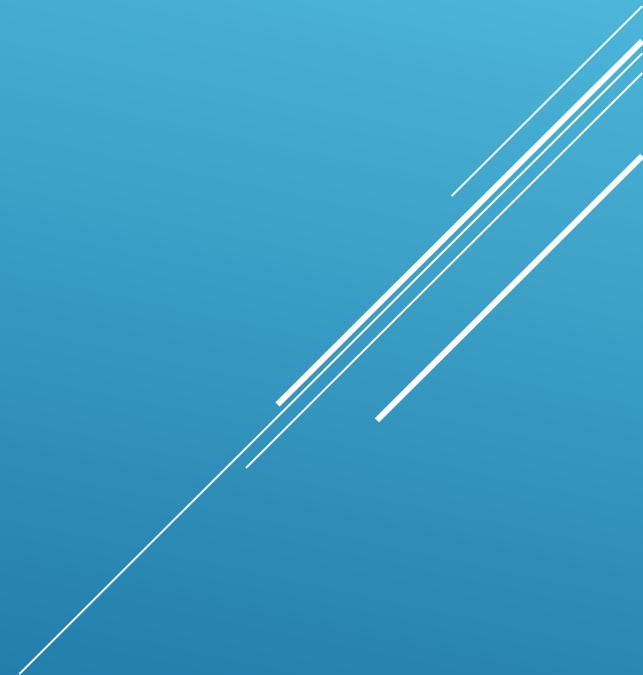
а) Однократные измерения — это одно измерение одной величины, т.е. число измерений равно числу измеряемых величин. Практическое применение такого вида измерений всегда сопряжено с большими погрешностями.

б) Многократные измерения — характеризуются превышением числа измерений количества измеряемых величин. Преимущество многократных измерений — значительное снижение влияний случайных факторов на погрешность измерения.

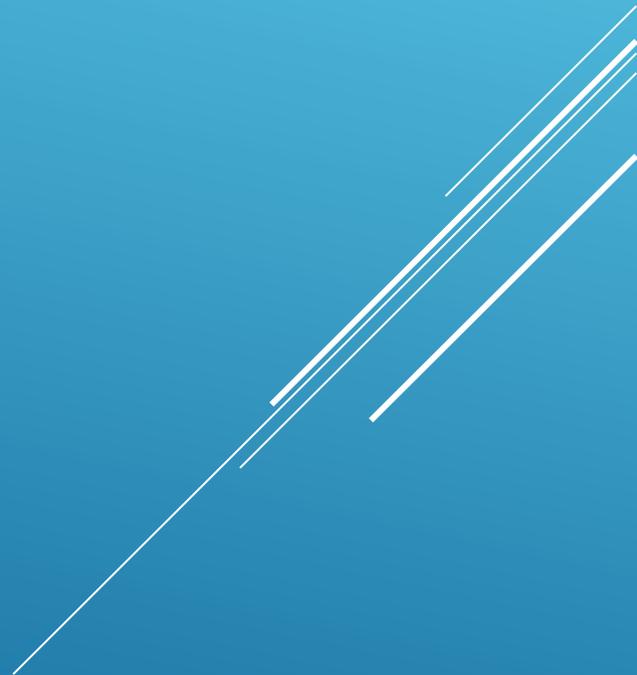
Основными характеристиками измерений являются:

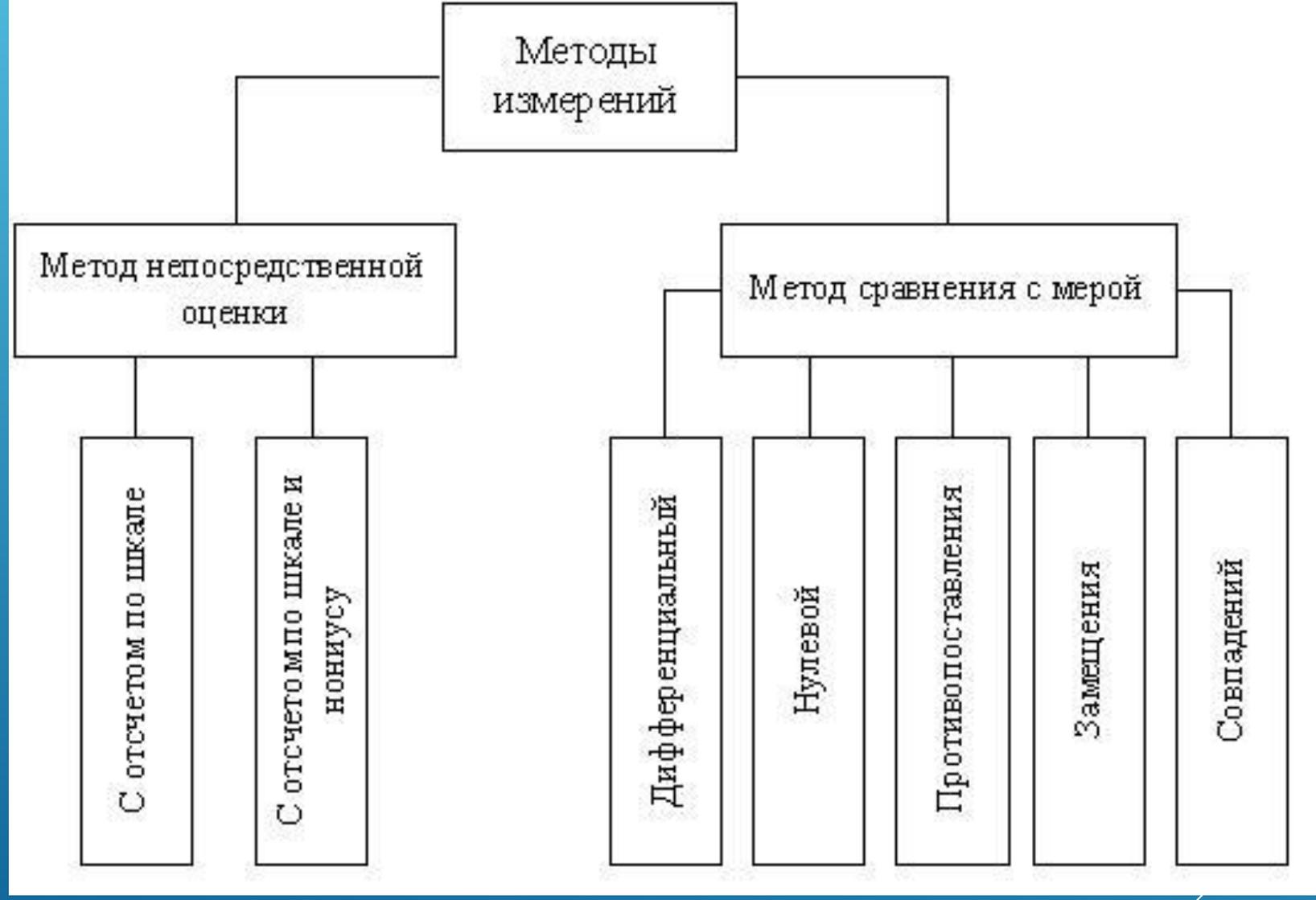
- ▶ - принцип измерений,
 - ▶ - метод измерений,
 - ▶ - погрешность,
 - ▶ - точность,
 - ▶ - правильность
 - ▶ - достоверность.
- 

- ▶ **Принцип измерения** — физическое явление или совокупность физических явлений, положенных в основу измерений (измерение массы тела при помощи взвешивания с использованием силы тяжести, пропорциональной массе, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта).



- ▶ **Метод измерений** — совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Средствами измерений являются используемые технические средства, имеющие нормированные метрологические свойства.





- ▶ При измерении **методом непосредственной оценки** искомое значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству средства измерения, которое проградуировано в соответствующих единицах.

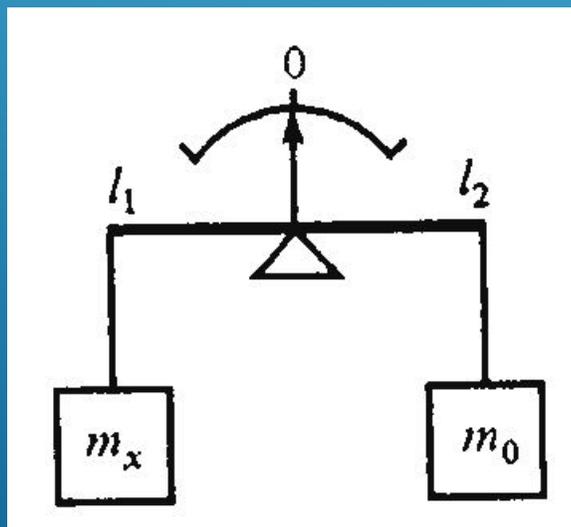


Метод противопоставления – метод сравнения с мерой в котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами. Функциональная схема метода противопоставления приведена на рисунке. В этом методе измеряемая величина X и мера X_0 воздействуют на два входа прибора сравнения. Результирующий эффект воздействия определяется разностью этих величин, т.е. $\epsilon = X - X_0$ и снимается с отсчетного устройства прибора сравнения. Результат измерения находят как $Y = X_0 + \epsilon$.



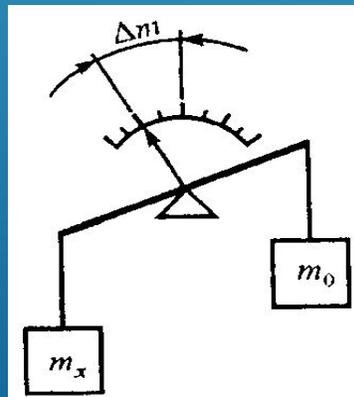
Нулевой метод (или метод полного уравнивания) — метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и встречного воздействия меры на сравнивающее устройство сводят к нулю.

Например. Измерение массы на равноплечих весах, когда воздействие на весы массы m_x полностью уравнивается массой гирь m_0 (рисунок).



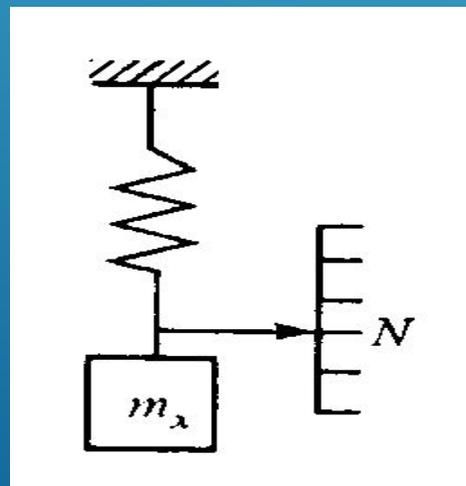
При **дифференциальном методе** полное уравновешивание не производят, а разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, отсчитывается по шкале прибора.

Например. Измерение массы на равноплечих весах, когда воздействие массы m_x на весы частично уравновешивается массой гирь m_0 , а разность масс отсчитывается по шкале весов, градуированной в единицах массы.

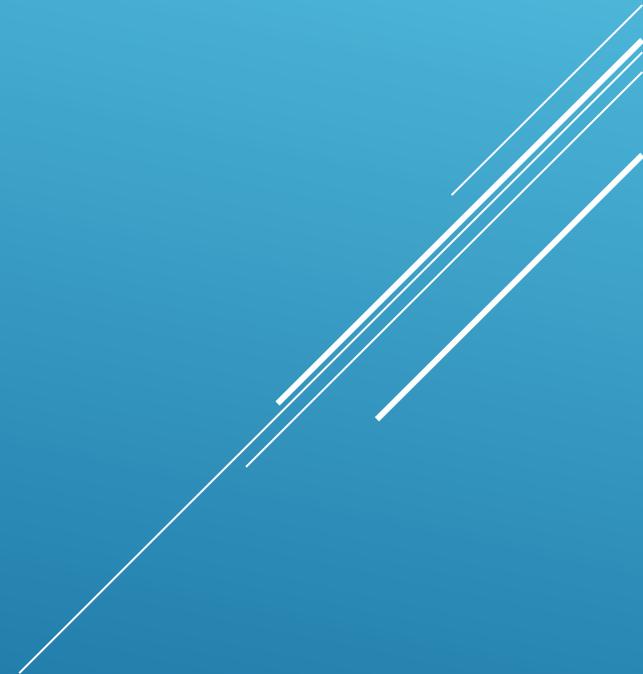


Метод замещения — метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой.

Например. Взвешивание на пружинных весах. Измерение производят в два приема. Вначале на чашу весов помещают взвешиваемую массу и отмечают положение указателя весов; затем массу m_x замещают массой гирь m_0 , подбирая ее так, чтобы указатель весов установился точно в том же положении, что и в первом случае. При этом ясно, что $m_x = m_0$, (рисунок).



- ▶ В **методе совпадений** разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов.



- ▶ **Погрешность измерений** — отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины. Погрешность вызывается воздействием множества факторов, таких как: характер измеряемой величины, качество применяемых средств измерений, метод измерений, условия измерения (температура, влажность, давление и т.п.), индивидуальные особенности лица, выполняющего измерения, и др. Под влиянием этих факторов результат измерений будет отличаться от истинного значения измеряемой величины.
- ▶ **Точность измерений** — качественная характеристика измерений, отражающая близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Количественно точность можно выразить величиной «класс точности». Это характеристика, зависящая от способа выражения пределов допускаемых погрешностей средств измерений. Введение класса точности преследовало цель классификации средств измерений по точности. В настоящее время, когда схемы и конструкции средств измерений усложнились, а области применения средств измерений весьма расширились, на погрешность измерений стали существенно влиять и другие факторы: изменения внешних условий и характер изменения измеряемых величин во времени. Погрешность измерительных приборов перестала быть основной составляющей погрешности измерений, и класс точности не позволяет в полной мере решать практические задачи, перечисленные выше. Область практического применения характеристики «класс точности» ограничена только такими средствами измерений, которые предназначены для измерения статических величин. В международной практике «класс точности» устанавливается только для небольшой части приборов.
- ▶ **Правильность измерений** — качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах (т.е. таких погрешностей, которые остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины). Правильность измерений зависит, в частности, от того, насколько действительный размер единицы, в которой выполнено измерение, отличается от ее истинного размера (по определению), т.е. от того, в какой степени были правильны (верны) средства измерений, использованные для данного вида измерений.
- ▶ **Достоверность** характеризует доверие к результатам измерений и делит их на две категории: достоверные и недостоверные, в зависимости от того, известны или неизвестны вероятностные характеристики их отклонений от истинных значений соответствующих величин. Поэтому такие вероятности следует рассматривать в качестве критериев достоверности контроля, чтобы в границах допуска правильно охарактеризовать параметры качества и безопасности.

Измерения как основной объект метрологии связаны в основном с физическими величинами.

Физическая величина — одно из свойств физического объекта, явления, процесса, который является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом количественным значением. Физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице, называется *единицей физической величины*.

Различают основные и производные единицы:

- ▶ Основные единицы физической величины выбираются произвольно, независимо от других единиц (единица длины — метр, единица массы — килограмм, единица температуры — градус и т.д.)
- ▶ Единицы, образованные с помощью формул, выражающих зависимость между физическими величинами, называют *производными единицами*. В этом случае единицы величин будут выражаться через единицы других величин. Например, единица скорости — метр в секунду (м/с), единица плотности — килограмм на метр в квадрате (кг/м²).

Многообразие систем единиц для различных областей измерений создавало трудности в научной и экономической деятельности как в отдельных странах, так и в международном масштабе. Поэтому возникла необходимость в создании единой системы единиц, которая включала бы в себя единицы величин для всех разделов физики.

