

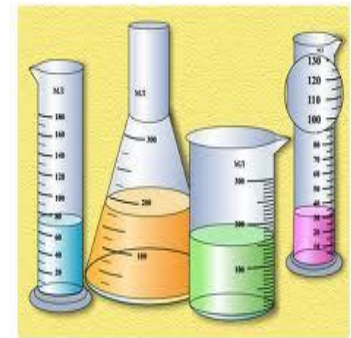
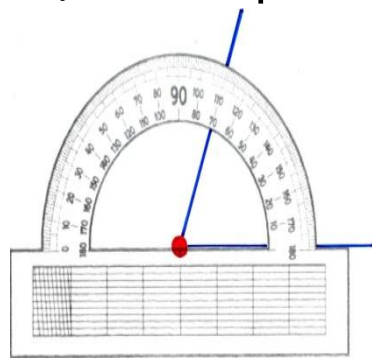
Физические методы измерений

Лекция 1

Основные понятия и определения в области измерений и измерительной техники

- **Физическая величина** — это количественная характеристика объекта или явления в физике, либо результат измерения (имеет размер, размерность, род, значение).
- **Измерение** — определение значения физической величины экспериментальным путём.
- **Измерение** — это информационный процесс получения опытным путем численного отношения между данной физической величиной и некоторым ее значением, принятым за единицу сравнения.
- **Измерение** — это познавательная процедура, включающая определение характеристик материальных объектов с помощью соответствующих измерительных приборов.

и мн. др



Виды и методы измерений

Принцип измерений - физическое явление или совокупность физических явлений, положенных в основу измерений. Например, 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 (СИ) являются используемые *технические средства, имеющие нормированные метрологические свойства.* Существует различные *виды измерений.* Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов.

Размер измеряемой величины

Целью измерения является получение информации о *размере физической величины*.

Под **физической величиной** подразумевается свойство, общее в качественном отношении многим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта.

Физическая величина — это количественная характеристика объекта или явления в физике, либо результат измерения (имеет размер, размерность, род, значение).

Леонард Эйлер определил это так: "величиной называется все, что способно увеличиваться или уменьшаться, или то, к чему можно нечто прибавить или от чего можно отнять". Таким образом, измерить какую-либо физическую (техническую и другую) величину это означает, что данную величину необходимо сравнить с другой однородной физической величиной, принятой за единицу измерения (с эталоном).

Физическая величина и её числовое значение

Физические величины называют свойства (характеристики) материальных объектов и процессов (предметов, состояний), которые можно прямо или косвенно измерить. Законы, связывающие между собой эти величины, имеют вид математических уравнений.

Каждая физическая величина G представляет собой произведение численного значения на единицу измерения:

Физическая величина = Численное значение × Единица

Все физические величины делятся на **основные и производные величины**.

В качестве **основных величин** используются: длина, время, масса, температура, сила тока, количество вещества, сила света.

Производные величины получают с помощью основных величин либо, используя выражения для законов природы, либо путем целесообразного определения через умножение или деление основных величин. Например,

$$\text{Скорость} = \text{Путь} / \text{Время}; v = S/t$$

$$\text{Заряд} = \text{Сила тока} \times \text{Время}; q = I \cdot t.$$

Квадратные скобки [], содержащие обозначение величины, означают единицу измерения величины, например, выражение $[U] = В$ читается следующим образом: «Единица измерения напряжения равна вольту».

Фигурные скобки { }, содержащие обозначения величины, означают «численное значение величины», например выражение $\{U\} = 220$ читается следующим образом: «численное значение напряжения равно 220».

$$U = \{U\} \cdot [U] = 220 В.$$

Слишком большие или малые порядки численных значений (по отношению к 10) сокращённо выражаются с помощью введения новых разрядов единиц, называемых так же, как и старые, но с добавлением приставки. Так образуются новые единицы, например, $1 \text{ мм}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Международная система единиц физических величин

Согласованная Международная система единиц физических величин была принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам весам. Международная система - СИ (*SI*), *SI* - начальные буквы французского наименования *Systeme International*.

В системе предусмотрен перечень **из семи основных единиц:**

- метр,
- килограмм,
- секунда,
- ампер,
- кельвин,
- кандела,
- моль и
- двух дополнительных: радиан, стерадиан ,
- а также даны приставки для образования кратных и дольных единиц.

Международная система единиц физических величин

3.3.1 Основные единицы СИ

- **Метр** равен длине пути, проходимого светом в вакууме за $1/299.792.458$ долю секунды.
- **Килограмм** равен массе международного прототипа килограмма.
- **Секунда** равна $9.192.631.770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.
- **Ампер** равен силе не изменяющегося во времени электрического тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ в минус 7-ой степени Н.

Международная система единиц физических величин

3.3.1 Основные единицы СИ

- **Кельвин** равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды.
- **Моль** равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0.012 кг.
- **Кандела** равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Единица физической величины (ЕФВ)

– физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Единицы физических величин объединяются по определенному принципу в **системы единиц**.

Эти принципы заключаются в следующем: произвольно устанавливают единицы для некоторых величин, называемых **основными единицами**, и по формулам через основные получают все производные единицы для данной области измерений.

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам Международной организации мер и весов (МОМВ) была принята **Международная система единиц (SI)**, которая в России применяется с 1 января 1963 г.

Единица физической величины (ЕФВ)

Достоинства системы SI:

- универсальность – охват всех областей науки и техники;
- унификация единиц для всех областей и видов измерений (механических, тепловых, электрических, магнитных и т. д.);
- когерентность единиц – все производные единицы SI получаются из уравнений связи между величинами, в которых коэффициенты равны единице;
- возможность воспроизведения единиц с высокой точностью в соответствии с их определениями;
- упрощение записи уравнений и формул в физике, химии, а также в технических расчетах в связи с отсутствием переводных коэффициентов;
- уменьшение числа допускаемых единиц;
- единая система образования кратных и дольных единиц, имеющих собственные наименования.

Международная система единиц (SI)

Основные величины и основные единицы физических величин

Величина			Единица величины		
наименование	обозначение	размерность (символ)	наименование	обозначение	
				русское	международное
Длина	l	L	метр	м	m
Масса	m	M	килограмм	кг	kg
Время	t	T	секунда	с	s
Сила электрического тока	i	I	ампер	A	A
Термодинамическая температура	T	Θ	кельвин	K	K
Сила света	J	J	кандела	кд	kd
Количество вещества	n	N	моль	моль	mol

Числовые значения физических величин изменяются в значительных пределах. Поэтому для удобства практических измерений наряду с основными и производными единицами, называемыми *главными*, введены также *кратные и дольные* единицы, которые обычно находятся в декадном отношении к главной единице.

Международная система единиц (SI)

Производные величины и производные единицы

Величина			Единица величины		
наименование	обозначение	размерность	наименование	обозначение	выражение производной единицы через основные
Частота	f	T^{-1}	герц	Гц	s^{-1}
Сила	F	$LM T^{-2}$	ньютон	Н	$м \cdot кг \cdot с^{-2}$
Давление	P	$L^{-1} M T^{-2}$	паскаль	Па	$м^{-1} \cdot кг \cdot с^{-2}$
Работа	A	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	Дж	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-2}$
Мощность	N	$L^2 M T^{-3}$	ватт	Вт	$м^2 \cdot кг \cdot с^{-3}$

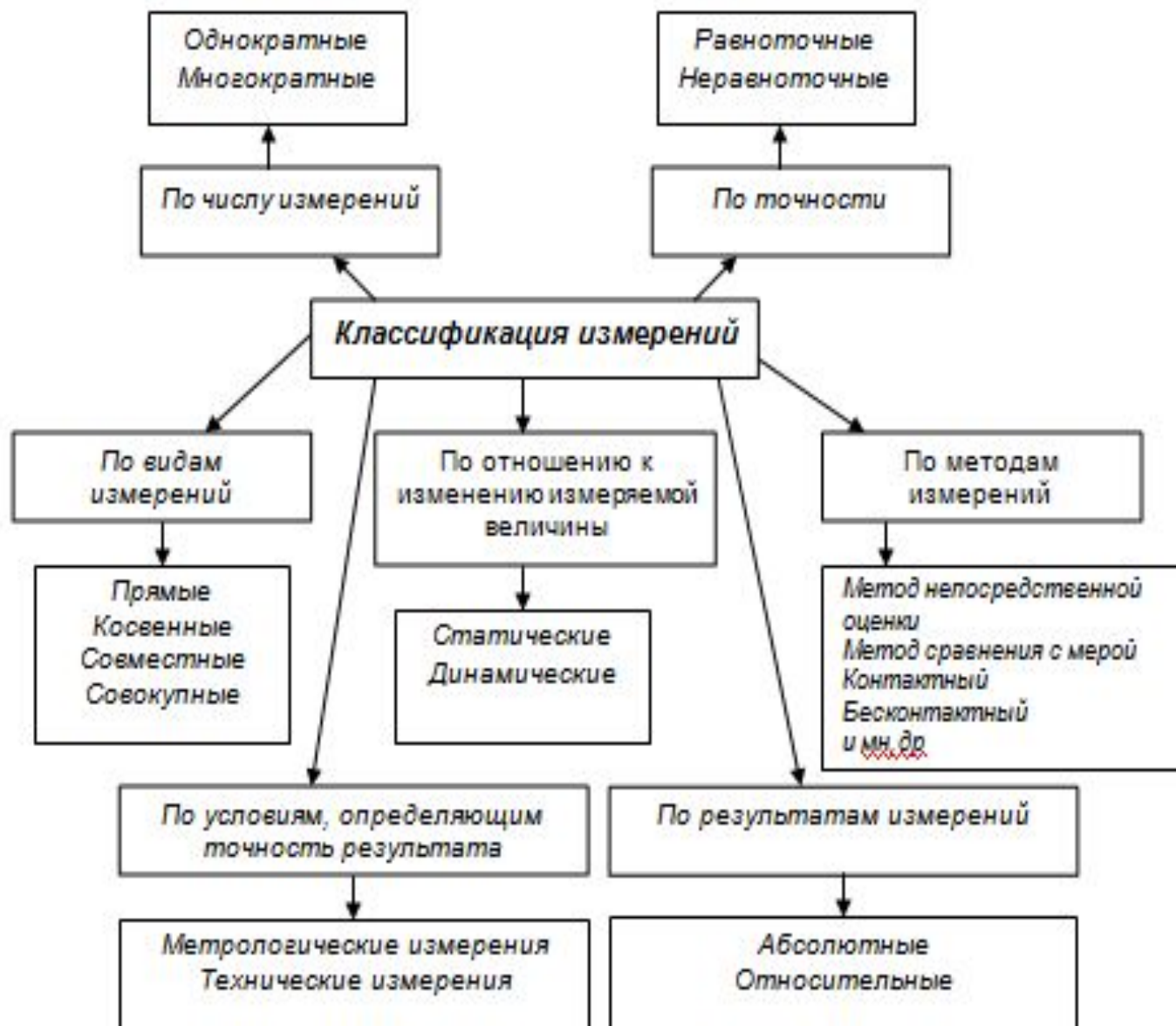
Числовые значения физических величин изменяются в значительных пределах. Поэтому для удобства практических измерений наряду с основными и производными единицами, называемыми *главными*, введены также *кратные и дольные* единицы, которые обычно находятся в декадном отношении к главной единице.

Международная система единиц (SI)

Приставки для образования кратных и дольных единиц

Кратные единицы			Дольные единицы		
Множитель, на который умножается единица	Приставка	Обозначение	Множитель, на который умножается единица	Приставка	Обозначение
10^{12}	терра	Т	10^{-2}	санти	с
10^9	гига	Г	10^{-3}	милли	м
10^6	мега	М	10^{-6}	микро	мк
10^3	кило	к	10^{-9}	нано	н
10^2	гекто	г	10^{-12}	пико	п
10^1	дека	да	10^{-15}	фемто	ф
10^{-1}	деци	д	10^{-18}	атто	а

Основные понятия и определения в области измерений и измерительной техники



Основные понятия и определения в области измерений и измерительной техники



Виды и методы измерений

По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения выделяют *статические* и *динамические измерения*.

Статические - это измерения, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени. Такими измерениями являются, например, измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и др.

Динамические - это измерения, в процессе которых измеряемая величина изменяется во времени, например, измерение давления и температуры при сжатии газа в цилиндре двигателя.

Виды и методы измерений

Прямые - это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных.

Прямые измерения можно выразить формулой $Q = X$, где Q - искомое значение измеряемой величины, а X - значение, непосредственно получаемое из опытных данных.

Примерами таких измерений являются: измерение длины линейкой или рулеткой, измерение диаметра штангенциркулем или микрометром, измерение угла угломером, измерение температуры термометром и т.п.

Виды и методы измерений

Косвенные - это измерения, при которых значение величины определяют на основании известной зависимости между искомой величиной и величинами, значения которых находят прямыми измерениями.

Таким образом, значение измеряемой величины вычисляют по формуле $Q = F(x_1, x_2 \dots x_N)$, где Q - искомое значение измеряемой величины; F - известная функциональная зависимость, x_1, x_2, \dots, x_N - значения величин, полученные прямыми измерениями.

Примеры косвенных измерений: определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения, измерение среднего диаметра резьбы методом трёх проволок и т.д.

Косвенные измерения широко распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить прямым измерением. Встречаются случаи, когда величину можно измерить только косвенным путём, например размеры астрономического или внутриатомного порядка.

Виды и методы измерений

Совместные - это измерения, производимые одновременно двух или нескольких разноименных величин для нахождения функциональной зависимости между ними.

Примерами совместных измерений являются определение длины стержня в зависимости от его температуры или зависимости электрического сопротивления проводника от давления и температуры.

Размер измеряемой величины

Размер есть количественная характеристика измеряемой физической величины.

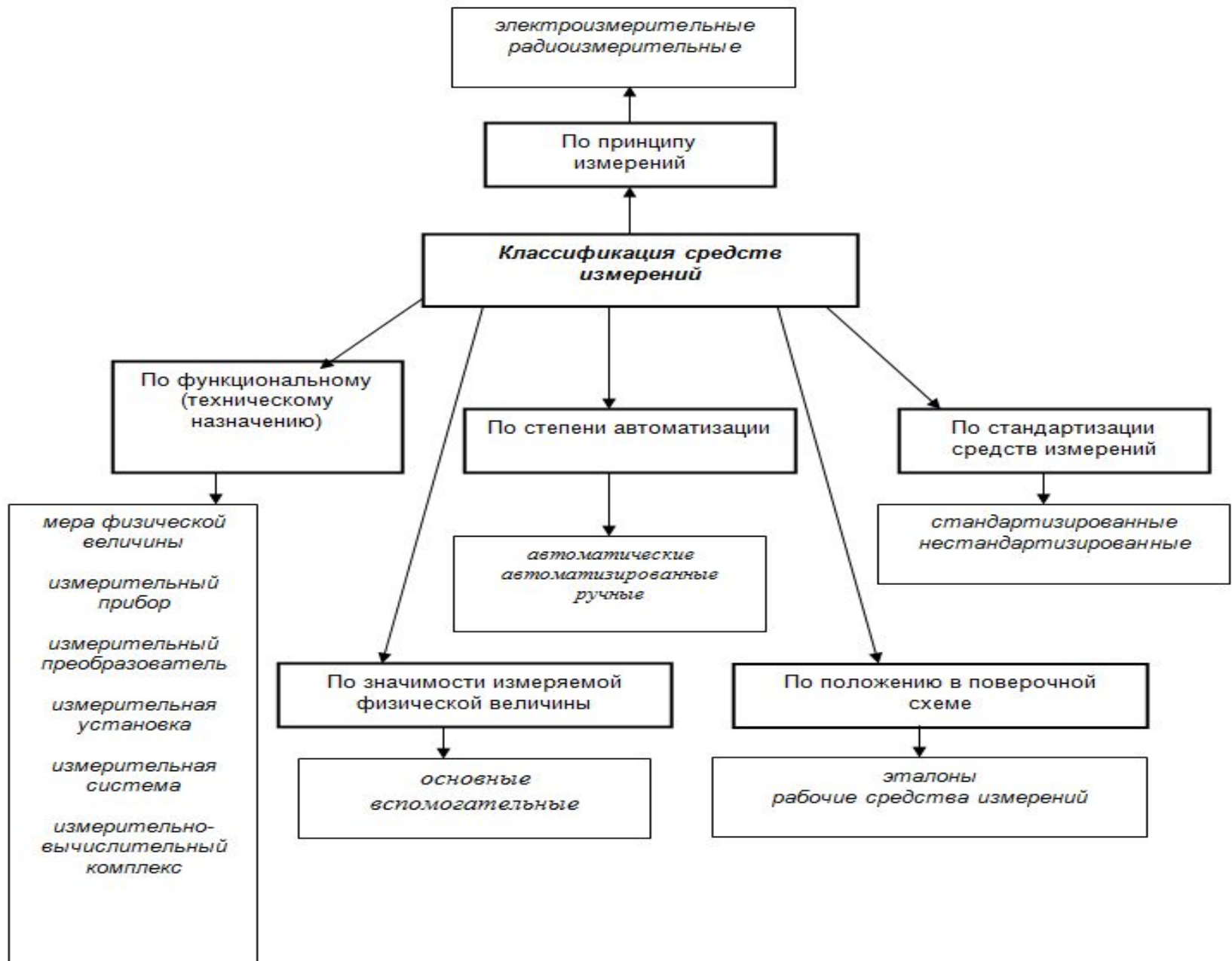
На практике появляется необходимость проводить измерения величин, характеризующих свойства явлений и процессов.

Некоторые свойства проявляются качественно, другие количественно. Отображение свойств в виде множества элементов или чисел или условных знаков представляет собой *шкалу*

измерений этих свойств.
Шкала измерений — это упорядоченная совокупность значений физической величины, которая служит основой для ее измерения. Поясним это понятие на примере температурных шкал.

В шкале Цельсия за начало отсчета принята температура таяния льда, а в качестве основного интервала (опорной точки) — температура кипения воды. Одна сотая часть этого интервала является единицей температуры (градус Цельсия).

Средства измерений. Классификация



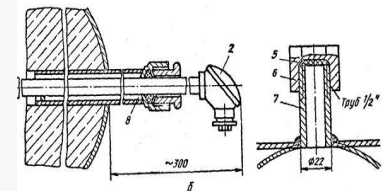
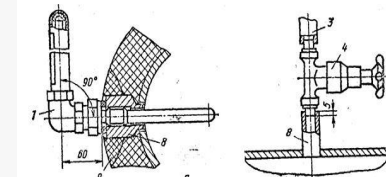
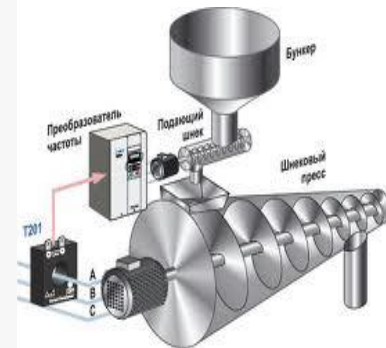
Средства измерений. Классификация

КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПО КОНСТРУКТИВНОМУ ИСПОЛНЕНИЮ



СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ФУНКЦИЯМ



Средства измерений. Классификация

- **Измерительные преобразователи** - техническое средство, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, индикации или передачи и имеющее нормированные метрологические характеристики. Конструктивно обособленные преобразователи называют также датчиком. Различают:
 - первичные – первые в измерительной цепи, к которым подведена измеряемая величина;
 - промежуточные; передающие;
 - масштабные.
- **Мера физической величины** — средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью;
- **Измерительный прибор (ИП)** — средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне, наиболее распространенное СИ, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, доступной для восприятия наблюдателем (оператором). Различают ИП аналоговые, цифровые, показывающие, регистрирующие, самопишущие, печатающие, интегрирующие, суммирующие, срав-



Примеры мер:

Гиря — мера массы

Песочные часы — мера интервалов времени

Нормальный элемент — мера ЭДС (разности электрических потенциалов)

Измерительный генератор — мера частоты, амплитуды и формы электрического сигнала

Аттенюатор — мера ослабления электромагнитного сигнала

Атлас цветов — набор мер в колориметрии (цветовых измерениях)



Средства измерений

Измерения выполняются с применением *технических средств*. Необходимыми техническими средствами для проведения измерений являются *меры и измерительные приборы*.

Меры - средства измерений, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера. Меры наивысшего порядка точности называют *эталоны*.

Эталоны - средства измерений или их комплексы, обеспечивающие воспроизведение и хранение узаконенных единиц физических величин, а также передачу их размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерения.

Образцовые средства измерений - меры, измерительные приборы или преобразователи, утвержденные в качестве образцовых для поверки по ним других средств измерений.

Рабочие средства измерений - такие средства, которые применяют для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

Мера

- это средство измерения, предназначенное для воспроизведения или хранения физической величины заданного размера.

Разновидности мер

однозначная мера

- мера, воспроизводящая физическую величину одного размера (например, гиря 1 кг)



многозначная мера

- мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, штриховая мера длины);



набор мер

- комплект мер разного размера одной и той же физической величины, предназначенных для применения на практике, как в отдельности, так и в различных сочетаниях (например, набор концевых мер длины)



магазин мер

- набор мер, конструктивно объединенных в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях (например, магазин электрических сопротивлений).



Эталоны

Средства измерения высшей точности - эталоны делятся на несколько категорий.

Эталон, воспроизводящий единицу с наивысшей в стране точностью, называется **государственным первичным эталоном**. Эталон единицы физической величины воспроизводят с практически наивысшей достижимой точностью на основе физических принципов на специальных установках

- В 1983 году на XVII Генеральной конференции мер и весов в качестве *эталона единицы длины* утвержден метр - длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ долю секунды. Ранее эталоном метра был метр равный $1\,650\,763,73$ длин световых волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона 86.
- За эталон времени принята *секунда, равная 9192631770 периодам излучения*, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Эталоны

- Эталон единицы массы (**1 кг**) представляет собой цилиндр из сплава платины (90 %) и иридия (10 %), у которого диаметр и высота примерно одинаковы (около 30 мм).
- За единицу количества вещества принят **моль** - количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов частиц, сколько атомов содержится в 12,000 г углерода-12.
- В качестве эталона единицы силы света принята (**кандела**) - сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ в 12-ой степени Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ В/ср.

Эталоны

- В качестве эталона *единицы силы тока* принят **ампер** - сила неизменяющегося во времени электрического тока, который, протекая с вакууме по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным один от другого на расстоянии 1 м, создает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия $2 \cdot 10^{-7}$ в минус 7-ой степени Н.
- Эталон *термодинамической температуры* - **кельвин**, составляющий $1/273,16$ часть термодинамической температуры тройной точки воды.

Эталон массы



Единица измерения массы

– 1 килограмм.

*Массу точно 1 кг имеет
только единственная в мире
гиря – так называемый
международный эталон
килограмма.*

*Он сделан из особого металла,
имеет цилиндрическую
форму.*

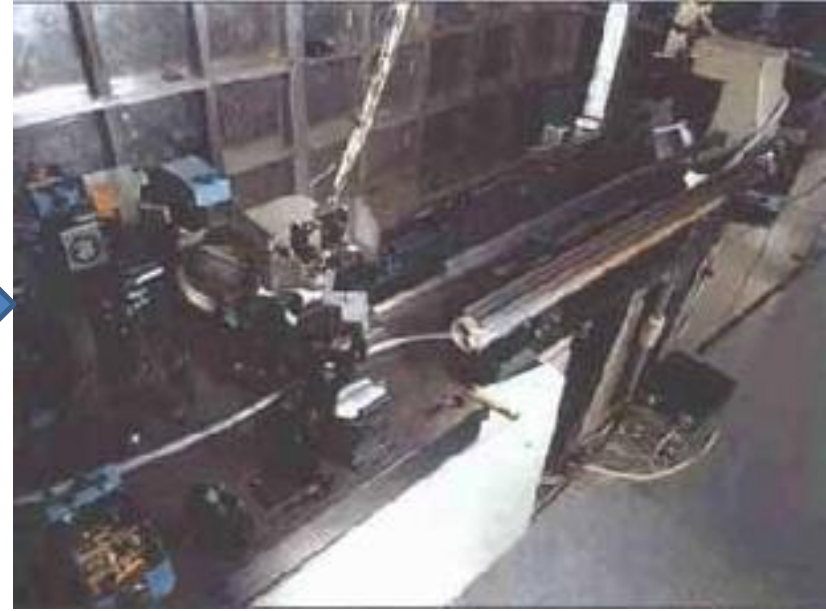
Вот так выглядит платиново-иридиевый эталон килограмма без защитных колпаков



**Эталон массы
хранится в специальном помещении
в городе Севре близ Парижа.**



Эталон метра



Теперь все стало по-другому

Раньше это был брусок все из того же платиново-иридиевого сплава, длиной, как ни странно, один метр и особой формы в поперечнике.

Метр - это путь, проходимый лучом света в вакууме за $1/299\,792\,458$ секунды. То есть определение эталона метра свелось к измерению времени.

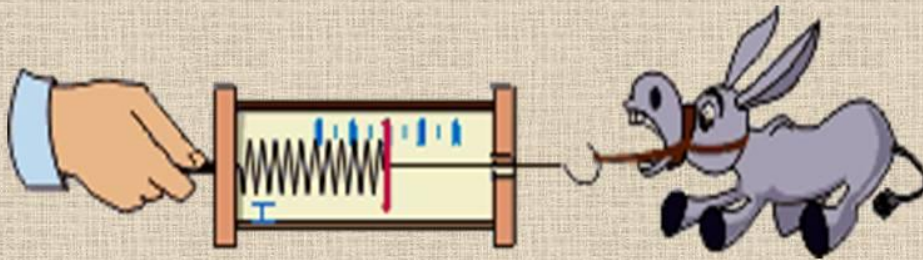
Эталон секунды



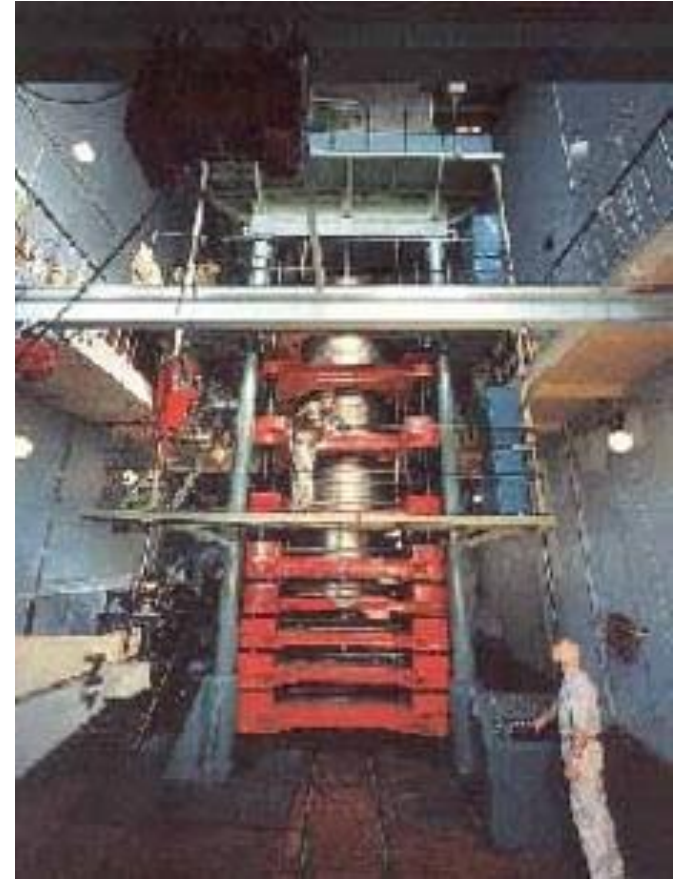
Современное определение секунды базируется на времени 9 192 631 770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры изотопа цезия-133.

Величина, не являющаяся базовыми величинами СИ. Этот эталон создается просто для удобства поверки. Это государственный эталон силы

Динамометр



*Он предназначен для измерения **сил**
(греч. "динамис" – сила). Единица измерения силы
называется 1 Ньютон (1 Н), в честь Исаака Ньютона.
Этот шуточный рисунок иллюстрирует измерение
динамометром силы, с которой рука тянет
упирающегося ослика.*



Государственный эталон силы, Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева в Санкт-Петербурге

Первичный эталон — это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным

Вторичный эталон — эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы

Эталон сравнения — эталон, применяемый для сличений эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом

Исходный эталон — эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами (в данной лаборатории, организации, на предприятии), от которого передают размер единицы подчинённым эталонам и имеющимся средствам измерений

Рабочий эталон — эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений

Государственный первичный эталон — первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории государства

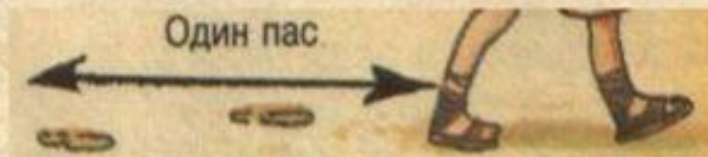
Международный эталон — эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами

**ИСТОРИЯ
ЛИНЕЙНЫХ
МЕР
И
ЭТАЛОНОВ**

САМЫЕ ДРЕВНИЕ МЕРЫ

- **Испания – сигара** (расстояние, которое проплывает корабль, пока выкуривается сигара).
- **Япония – лошадиный башмак** (расстояние, которое проходит лошадь, пока не износится ее соломенная подкова).
- **Египет – стадий** (расстояние, которое проходит мужчина за время от первого луча солнца до появления всего солнечного диска).
- **У многих народов – стрела** (расстояние, которое пролетает стрела).

Меры Египта и Рима

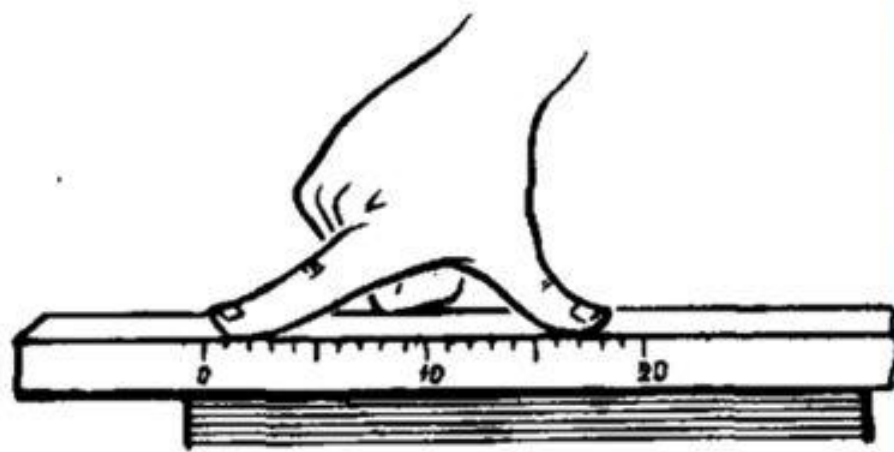


Большие расстояния римляне измеряли в пасах.

На Руси издавна использовали аршин («арш» – локоть), ту же меру длины, которой пользовались египтяне.

Пядь, или четверть (18 см) = $1/4$ аршина

$1/16$ аршина – вершок (4, 4 см)



САЖЕНЬ

Маховая

Косая



В Англии использовался дюйм, ярд и фут.



***Переход
к единой
системе мер***

Май 1875г.

Подписана Международная метрическая конвенция.

Создано Международное бюро мер и весов (Париж).

В 1782 г. приняли за единицу длины $1/40000000$ часть длины земного меридиана, проходящего через Париж. Измерить длину меридиана было поручено астрономам Мешену и Деламберу. Работа продолжалась шесть лет.

На основании полученных учеными данных, из сплава 90% платины и 10% иридия был изготовлен эталон новой единицы, хранившийся в г. Севре во Франции .

Эту единицу называли метром — от греческого слова «метрон», что значит «мера».

С основного эталона метра были сделаны копии. Копия №28 долго служила государственным эталоном метра России.



Октябрь 1960г.

XI Генеральная конференция по мерам и весам.

***“Метр – длина, равная 1650763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ - $5d_5$ атома криптона-86”
(Резолюция 6).***

Неопределенность 0,01 мкм

Октябрь 1983г.

XVII Генеральная конференция по мерам и весам

“Метр есть длина пути проходимого светом в вакууме за интервал времени, равный $1/299792458$ секунды” (Рекомендация 1)

“Значение скорости света в вакууме $c=299792458$ м/с точно!”

Сентябрь 1997г.

9-я Сессия Консультативного комитета по длине.

Рекомендованные значения частоты и длины волны излучения в вакууме He-Ne / I₂ лазера

$$\nu = 473612214705 \text{ кГц}$$

$$\lambda = 632,99139822 \text{ нм}$$

Наивысшая точность воспроизведения метра
 10^{-11} м

**РАЗВИТИЕ
ЭТАЛОННОЙ
БАЗЫ
РОССИИ**



Именной указ Императора Николая I от 11 октября 1835 г. «О системе Российских мер и весов» утвердил первые государственные эталоны.

За основание системы были приняты:

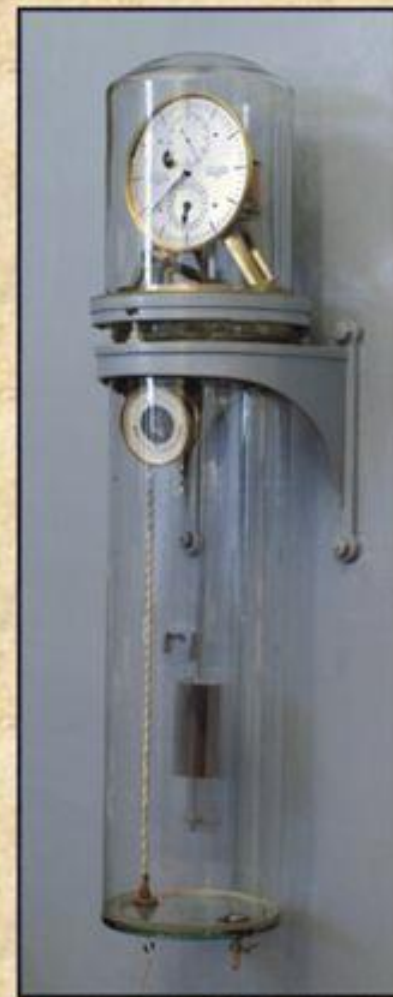
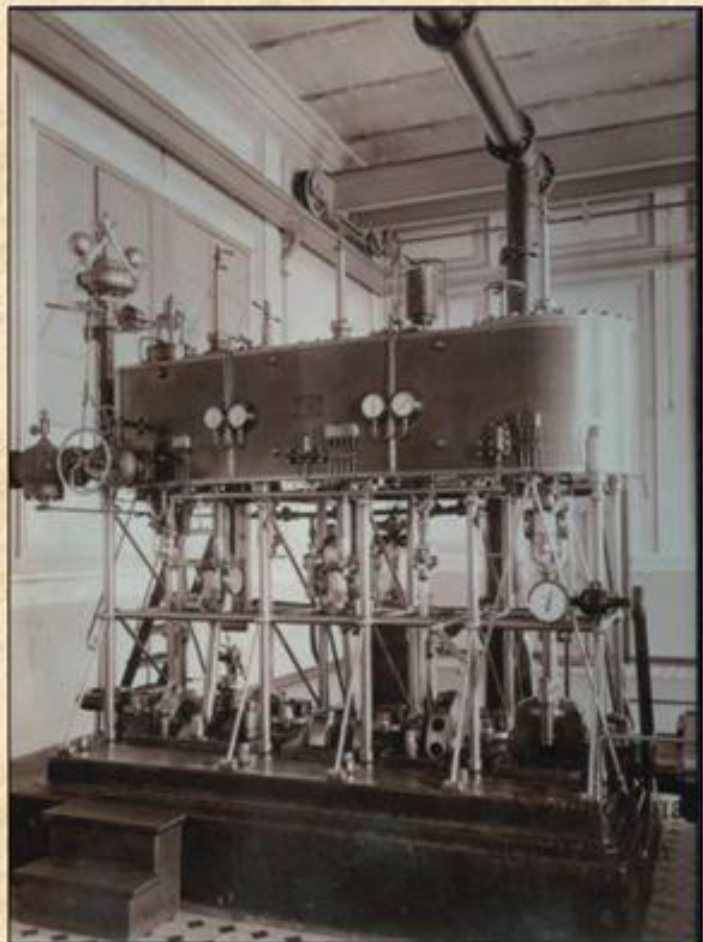
- **линейная мера – сажень в 7 английских футов с разделением на 3 аршина, каждый в 28 дюймов, или 16 вершков;**
- **мера веса – фунт, равный весу перегнанной воды в объеме 25,019 куб. дюймов;**
- **мера жидких тел – ведро в 30 фунтов перегнанной воды или 750,57 куб. дюймов;**
- **мера сыпучих тел – четверик в 64 фунта или в 1601,22 куб. дюйма при температуре $13 \frac{1}{3}^{\circ}$ Реомюра.**

Промышленный подъем в России, конец XIX – начало XX вв.

- Менее чем за десятилетие (1893-1899 гг.) объем промышленного производства удвоился. Интенсивно развивались наука, торговля, страна утверждалась на мировом экономическом рынке.
- Количество машиностроительных заводов с 1860 по 1890 гг. возросло в три раза. Длина железнодорожной сети возросла с 1,5 тысяч километров в 1860 г. до 33 тыс. километров в 1895 г.
- Возникает нефтяная промышленность. В 1865 г. добывали всего 557 тысяч пудов нефти, в 1890 г. - 243 млн. пудов, а в 1895 г. - 426 млн пудов.
- Активно развиваются текстильная, бумажная, химическая, газовая отрасли промышленности.



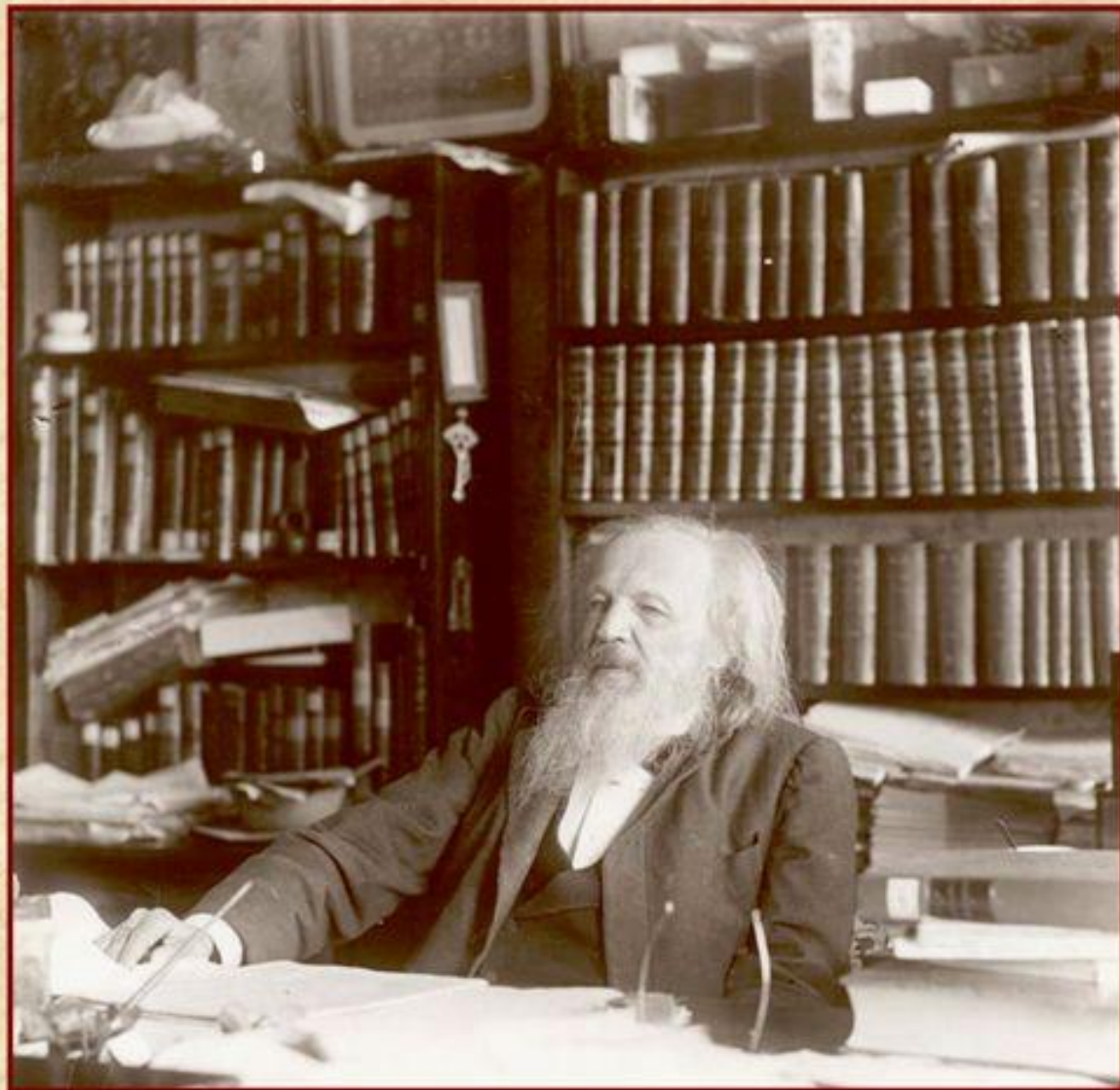
«Для сохранения в государстве единообразия, верности и взаимного соответствия мер и весов в ведении Министерства финансов состоит в С.-Петербурге Главная палата мер и весов»



Эталонные установки и лаборатории Главной палаты мер и весов, конец XIX- начало XX веков

*«Поручили мне дело
упорядочения мер и весов
в России, чем я занят с
тех пор с увлечением, так
как тут чистая наука
тесно переплеталась с
практической»*

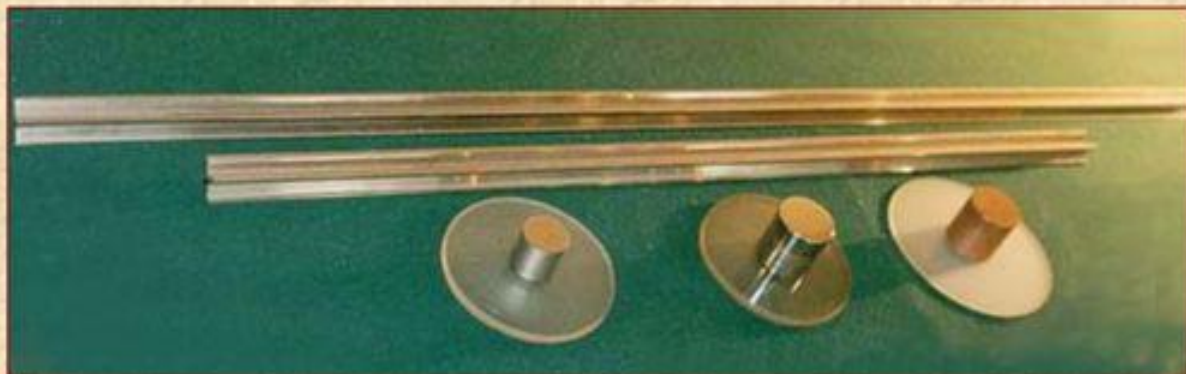
**Д.И.Менделеев,
первый управляющий
Главной палатой мер и весов
(1893-1907 гг.)**



**Великий русский ученый, мыслитель, энциклопедист, патриот,
советник правительства, педагог**

«... основную задачу Палаты мер и весов должно составлять точное объединение мер, применяемых в торговле и промышленности Империи, и укрепление во всем мире доверия к постановке метрологических задач в России»

Д.И.Менделеев



Новые эталоны длины и массы – аршин и фунт, воспроизведенные под руководством Д.И.Менделеева



Эталонные весы фирмы «Неметц»

В настоящее время эталонная база России имеет в своем составе 114 государственных эталонов (ГЭ) и более 250 вторичных эталонов единиц физических величин.

- **52 находятся во Всероссийском научно-исследовательском институте метрологии им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ, Санкт-Петербург), в том числе эталоны метра, килограмма, ампера, кельвина и радиана.**
- **25 – во Всероссийском научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ, Москва), это эталоны единиц времени и частоты.**
- **13 – во Всероссийском научно-исследовательском институте оптико-физических измерений, в том числе эталон канделлы.**
- **5 и 6 – в Уральском и Сибирском научно-исследовательских институтах метрологии.**

Измерительный прибор

- средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем

Классификация измерительных приборов

по виду выходной величины

По способу индикации значений измеряемой величины

Аналоговый измерительный прибор

- измерительный прибор, показания которого или выходной сигнал являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины, например, стрелочный вольтметр, стеклянный ртутный термометр



Цифровой измерительный прибор

- измерительный прибор, показания которого представлены в цифровой форме



Показывающий измерительный прибор

- измерительный прибор, допускающий только отсчитывание показаний значений измеряемой величины (микрометр, аналоговый или цифровой вольтметр)

Регистрирующий измерительный прибор

- измерительный прибор, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрация значений измеряемой величины может осуществляться в аналоговой или цифровой форме, в виде диаграммы, путем печатания на бумажной или магнитной ленте (термограф или, например, измерительный прибор, сопряженный с ЭВМ, дисплеем и устройством для печатания показаний)

Характер физических явлений существенно зависит от размера области пространства, в которой происходило явление. В таблице приведена шкала масштабов различных величин, исследуемых современной наукой.

	Метры	Область
Макромир	10^{25}	Размер видимой части вселенной
	10^{24}	Расстояние между галактиками
	10^{21}	Размеры галактик
	10^{18}	Межзвездные расстояния
	10^{15}	Размеры солнечной системы
	10^{12}	Размер Земли
	$\sim 10^5$	Высота больших гор
	1	Размер (рост) человека
	10^{-3}	Размер песчинки
	10^{-6}	Предел разрешения микроскопа
Микромир	10^{-10}	Размер атома
	10^{-15}	Размеры атомных ядер
	10^{-18}	Исследуемая структура элементарных частиц

Заметим, что понятие "размер атома" в геометрическом плане не имеет смысла, поскольку физически о линейных размерах атома можно судить по взаимодействию атомов между собой, которое определяется электромагнитным полем атома, не имеющим четких границ.

Непосредственно наблюдаемые тела являются макроскопическими, состоят из большого числа частиц N . Большим является такое число частиц N , для которого выполняется условие $\ln N \gg 1$.

Особо важным является число Авогадро $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ 1/моль, которое связывает микроскопический масштаб с макроскопическим, так как моль любого вещества составляет тело привычных для нас размеров. Моль H_2O это $18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ воды.

Естественным масштабом скорости в природе является скорость распространения света в вакууме $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Постоянная Планка также является универсальной константой, с которой связано разграничение законов физики на квантовые и классические $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ м}^2/\text{с}$.