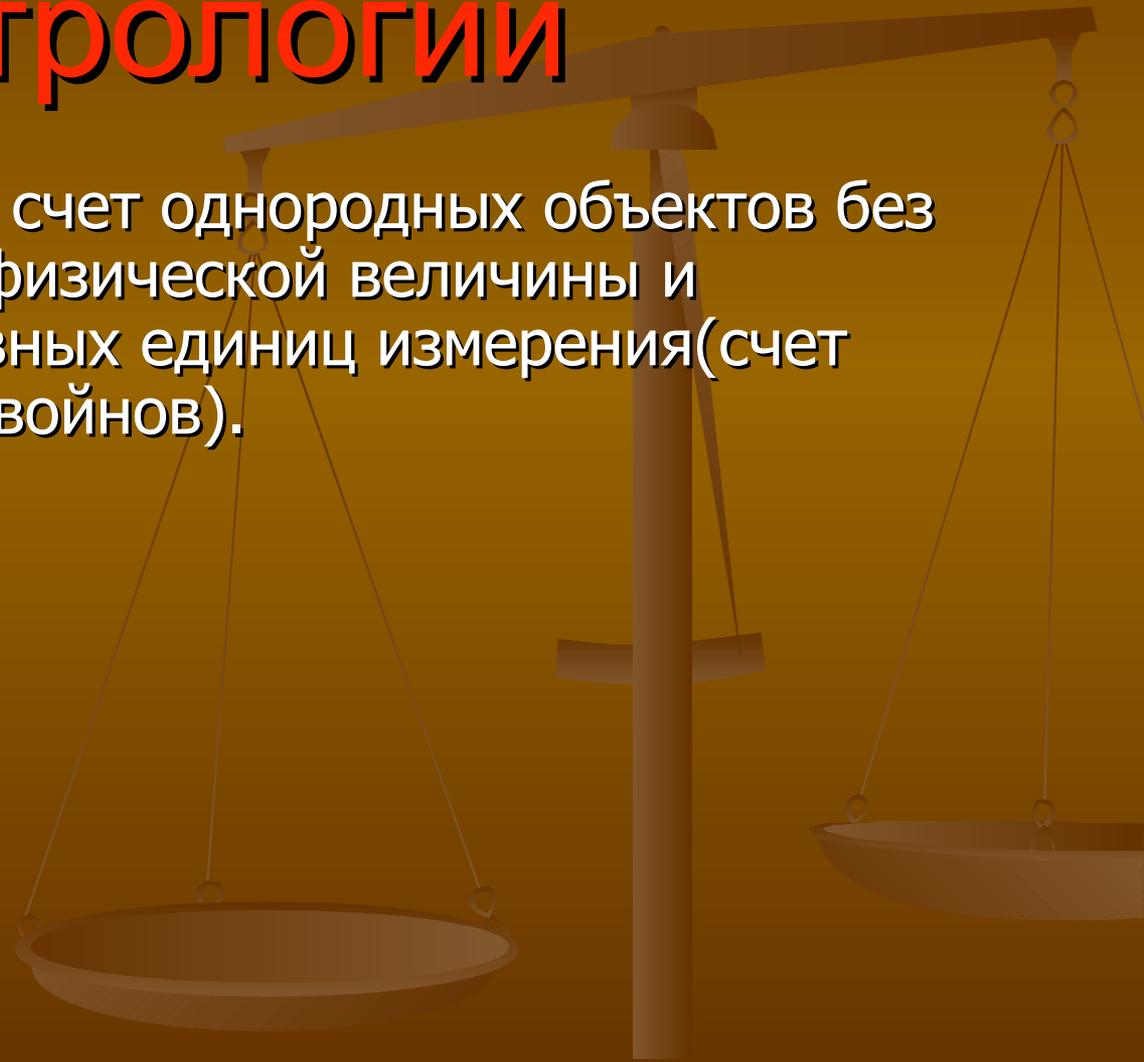


История развития метрологии

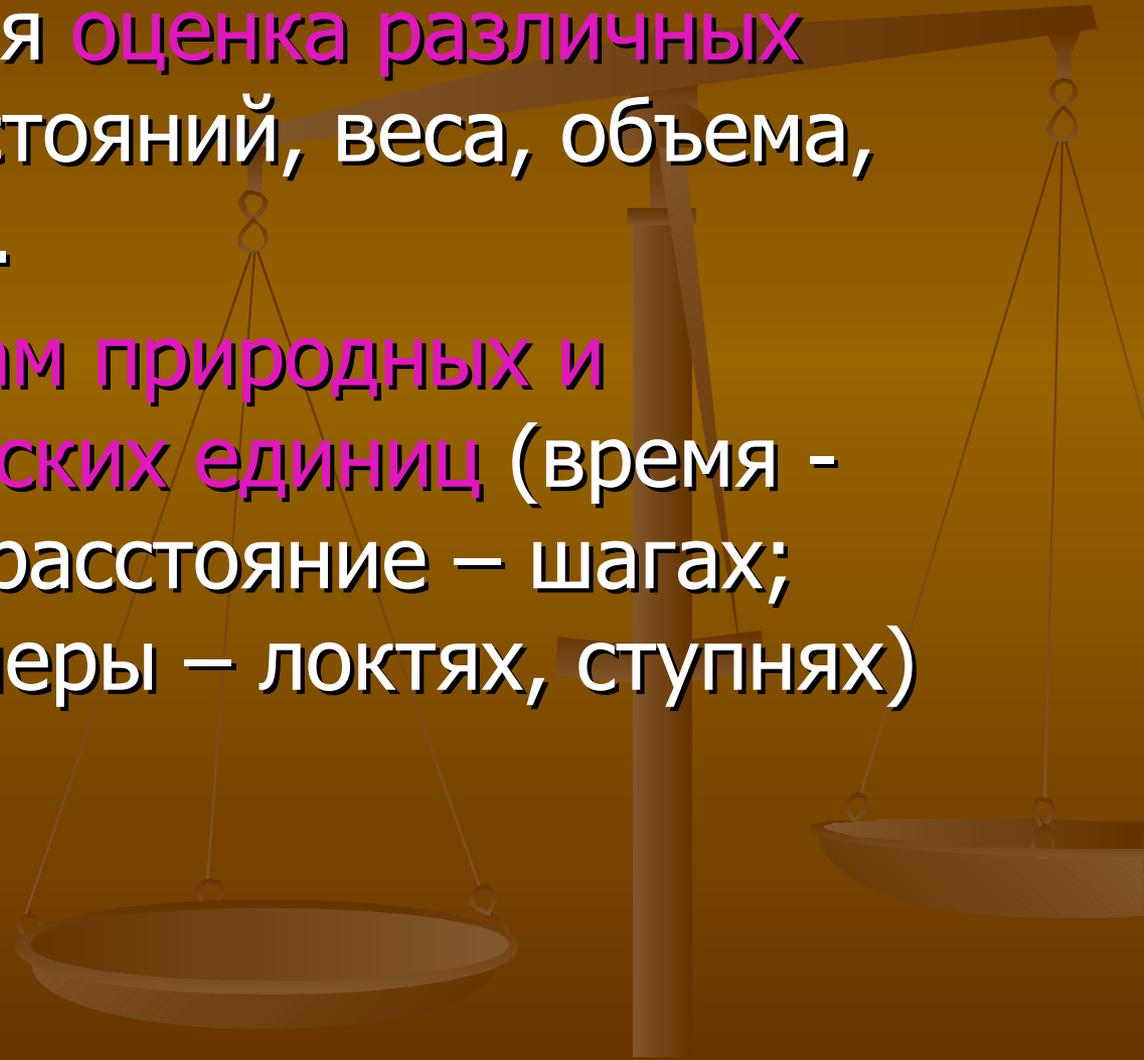
- Древние времена – счет однородных объектов без введения понятия физической величины и установления условных единиц измерения (счет голов скота, числа воинов).



История развития метрологии

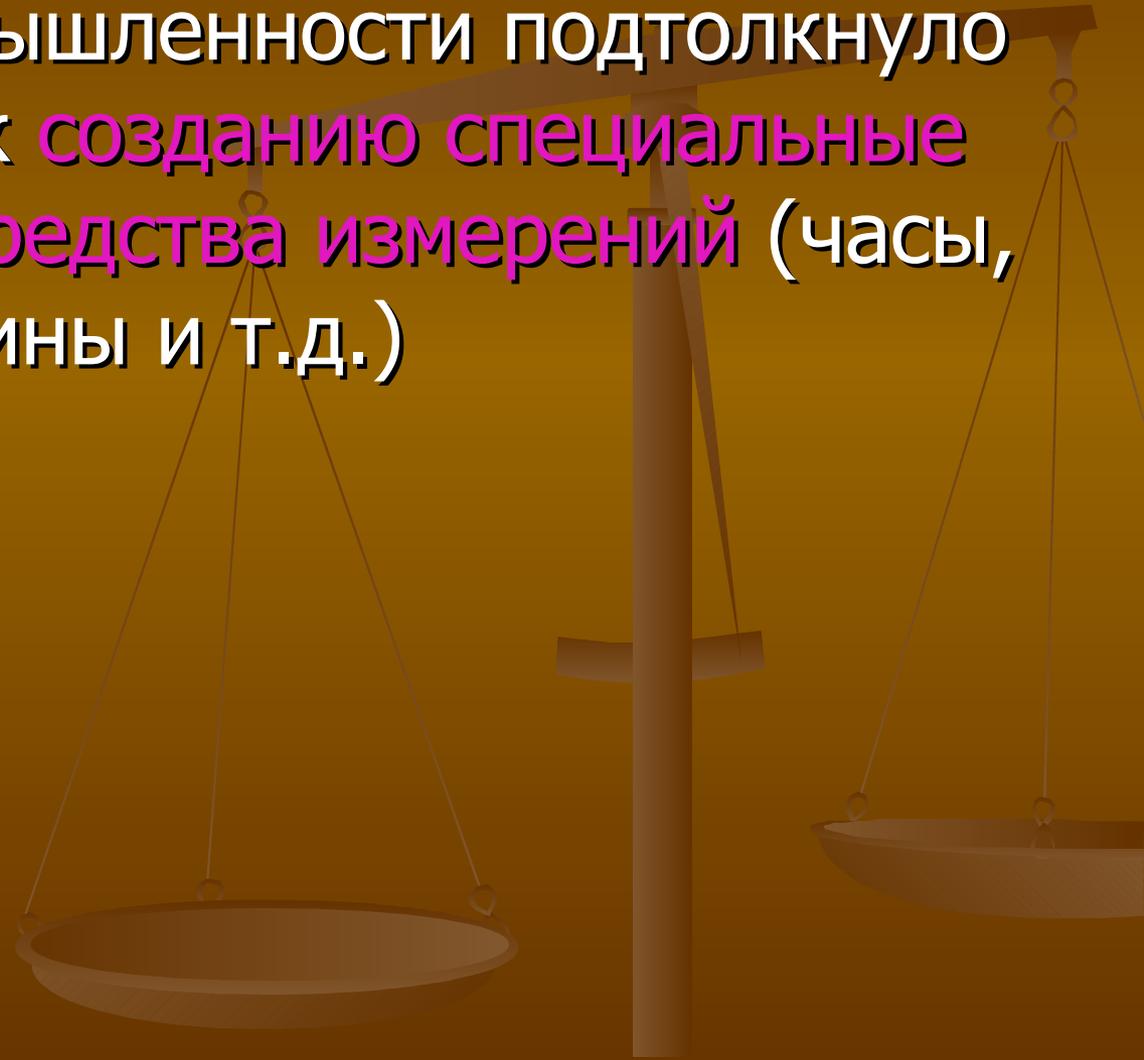
- Количественная **оценка различных величин** – расстояний, веса, объема, размеров и т.д.

Счет **по средствам природных и антропологических единиц** (время - сутках, годах; расстояние – шагах; линейные размеры – локтях, ступнях)



История развития метрологии

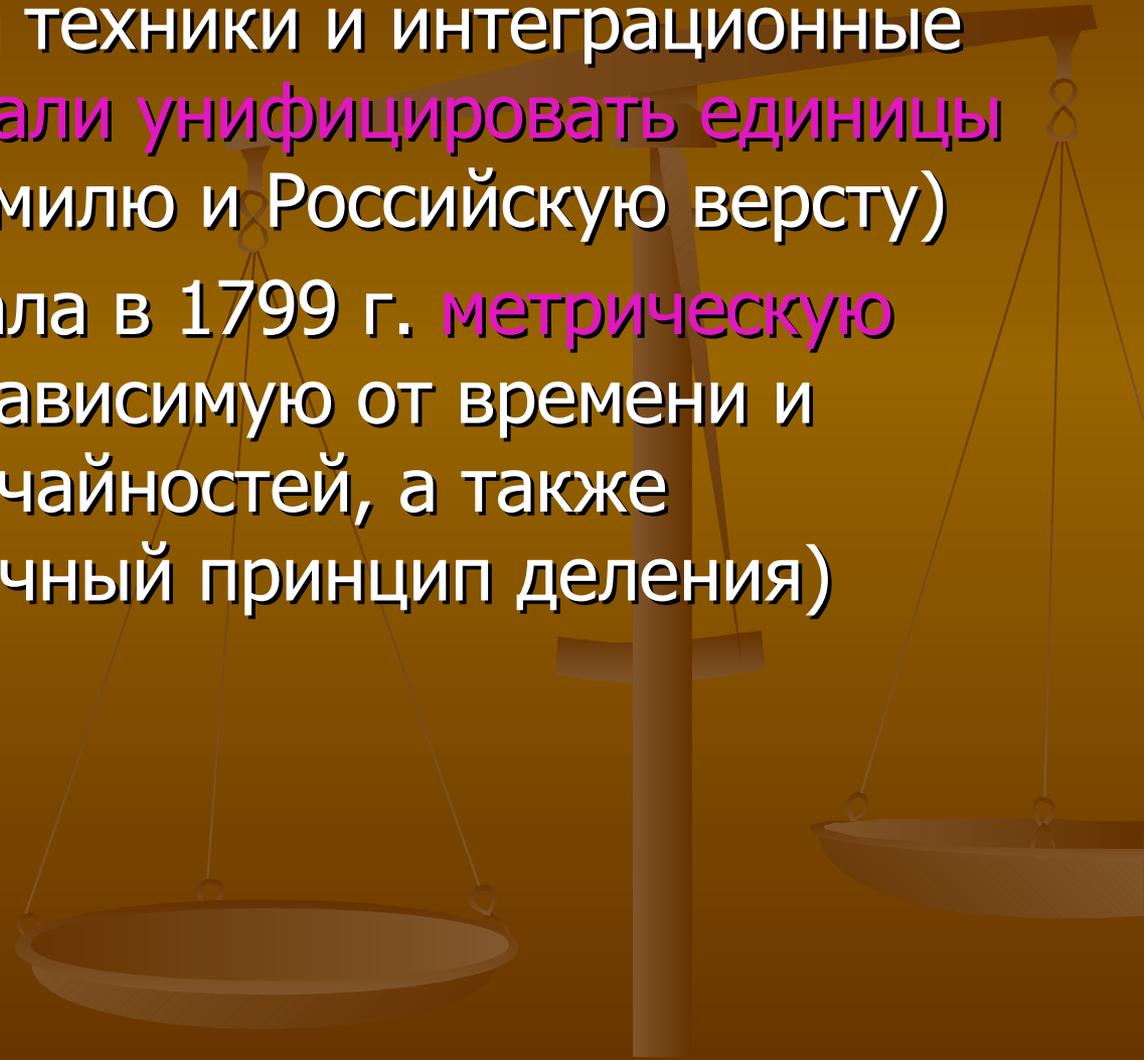
- Развитие промышленности подтолкнуло человечество к созданию специальных устройств – средств измерений (часы, весы, меры длины и т.д.)



История развития метрологии

- Развитие науки и техники и интеграционные процессы **требовали унифицировать единицы ФВ** (Английскую милю и Российскую версту)

Франция разработала в 1799 г. **метрическую систему мер** (независимую от времени и разного рода случайностей, а также имеющую десятичный принцип деления)



История развития метрологии

Петр 1 – модернизирована отечественная метрология

- Ввоз различных приборов (оптических, угломерных и др.);
- Повышение точности измерений по средствам увеличения числа малых мер;
- Сближение русских мер длины с английскими (путем небольшого изменения значения русских мер);
- Введение некоторых английских мер (мера площади и объема);
- Учреждения различных учебных заведений с метрологической направленностью.

История развития метрологии

Д.И. Менделеев – основоположник Российской метрологии

- 1867 г. выступает с инициативой введения метрической системы мер;
- 1893-1907 – возглавляет Главную палату мер и весов;
- Под его руководством определены физические постоянные (плотность воды и воздуха, ускорение свободного падения...);
- Инициатор создания поверочных учреждений;
- Благодаря ему Россия с 1889г. Получила эталонную базу;
- Заложил основы (по средствам сличения русских единиц) для перехода на метрическую систему

МЕТРОЛОГИЯ – наука об измерениях

РМГ29-99 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.

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 измерения и контроля;
- Разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

МЕТРОЛОГИЯ

Теоретическая

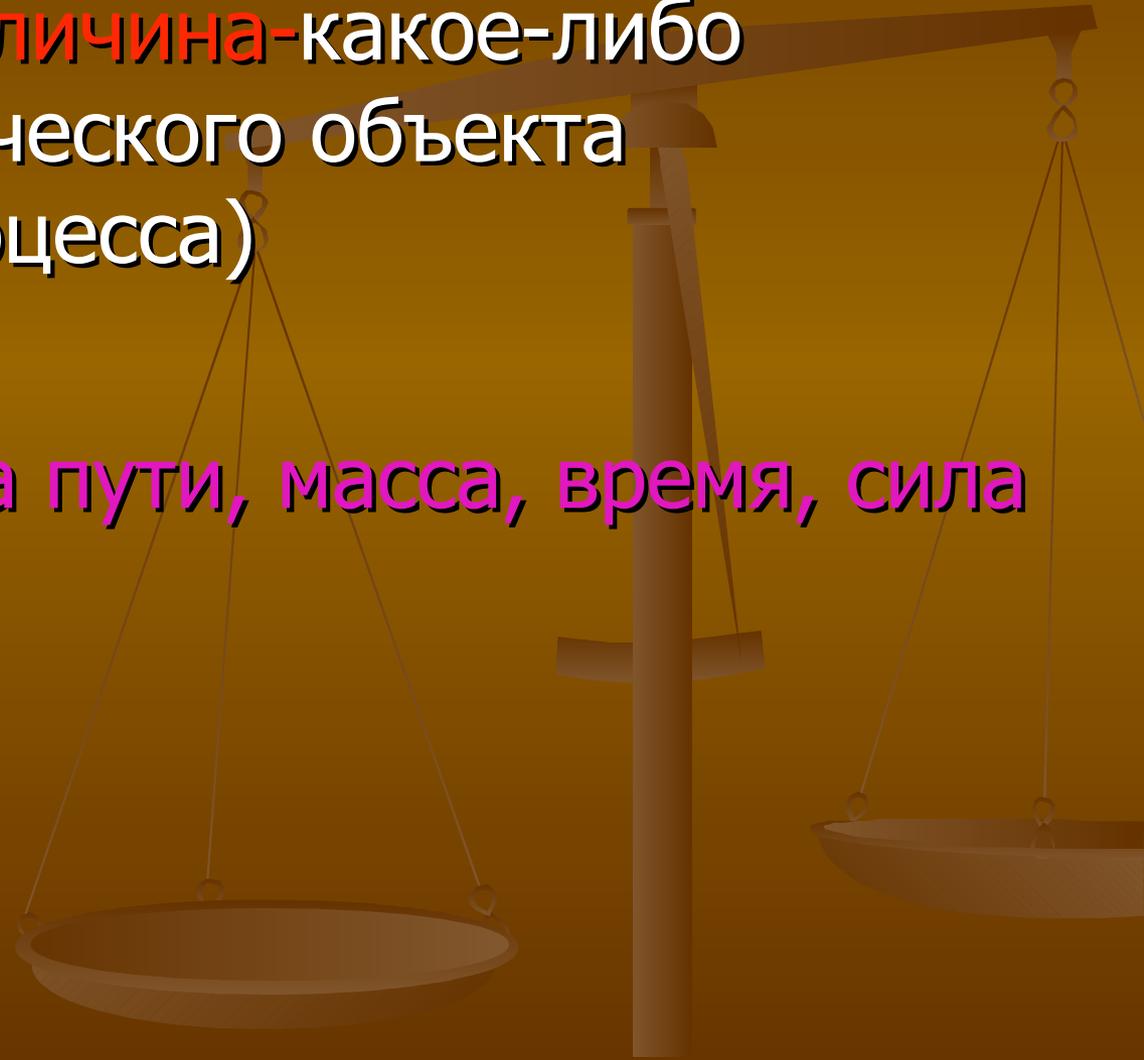
Прикладная

Законодательная

Важнейшие метрологические понятия

- **Физическая величина**-какое-либо свойство физического объекта (предмета, процесса)

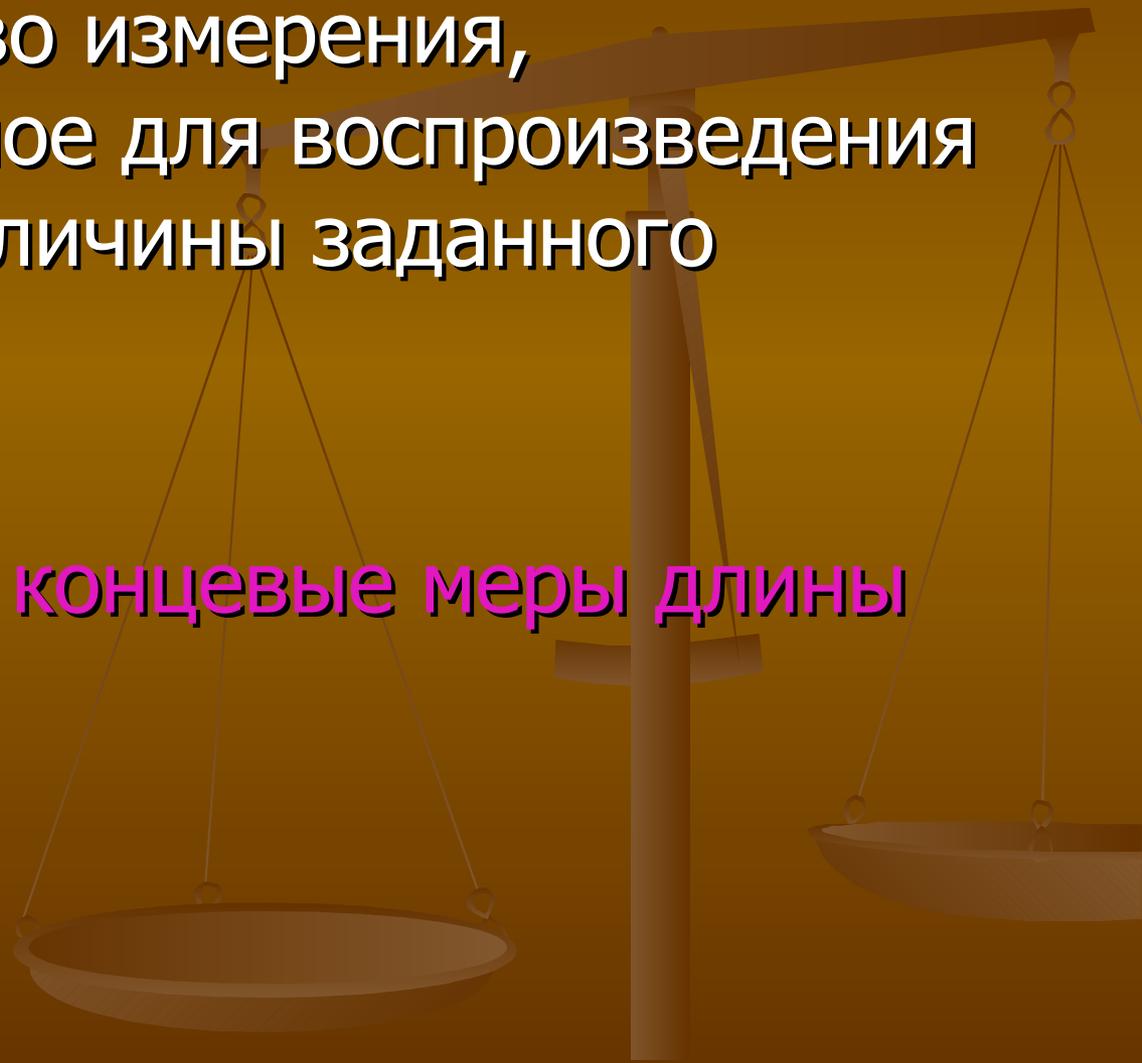
Например: длина пути, масса, время, сила тока и др.



Важнейшие метрологические понятия

- **Мера** – средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера.

Например: гири, концевые меры длины



Важнейшие метрологические ПОНЯТИЯ

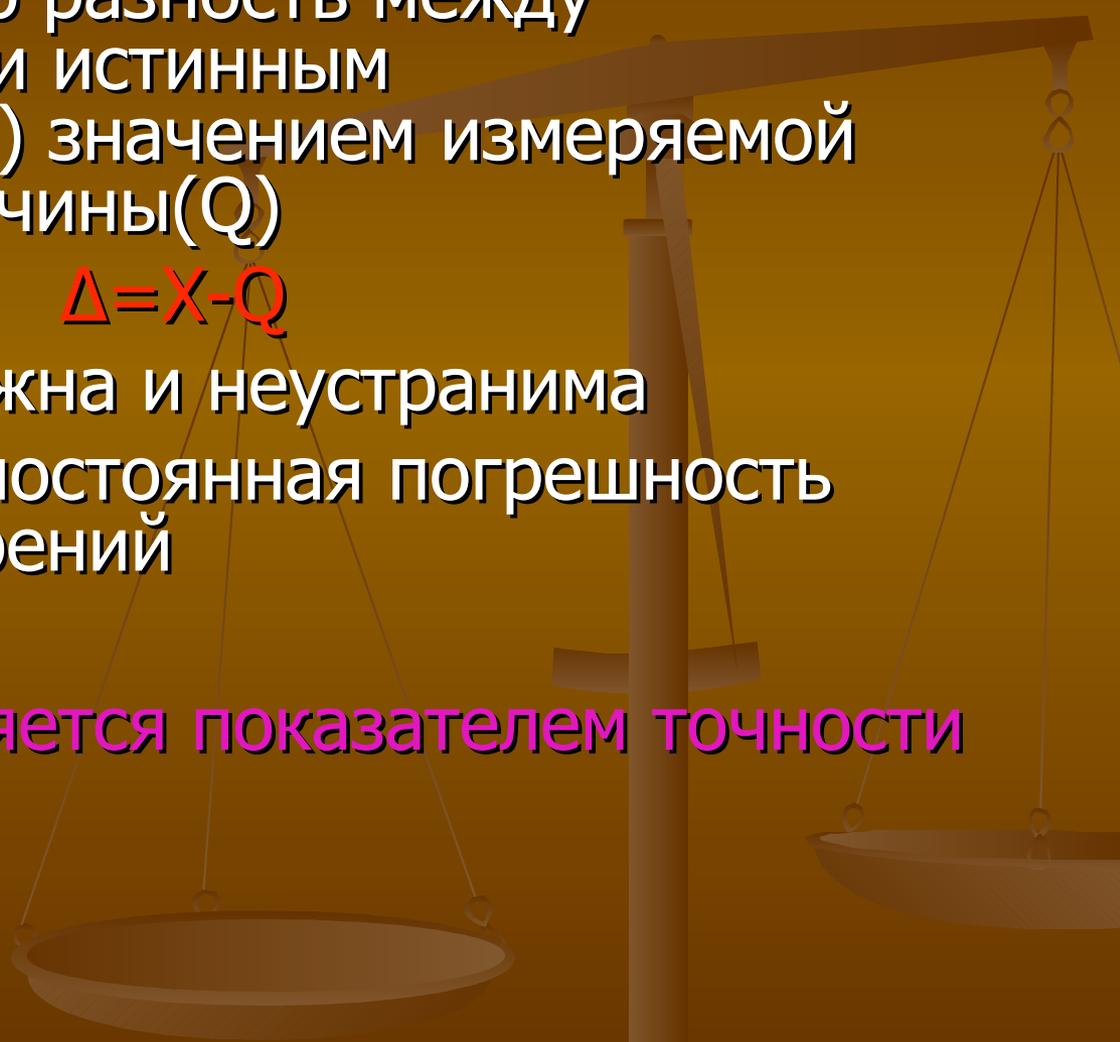
Погрешность (Δ)-это разность между показаниями СИ и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины (Q)

$$\Delta = X - Q$$

Случайная- неизбежна и неустранима

Систематическая- постоянная погрешность результата измерений

Погрешность является показателем точности



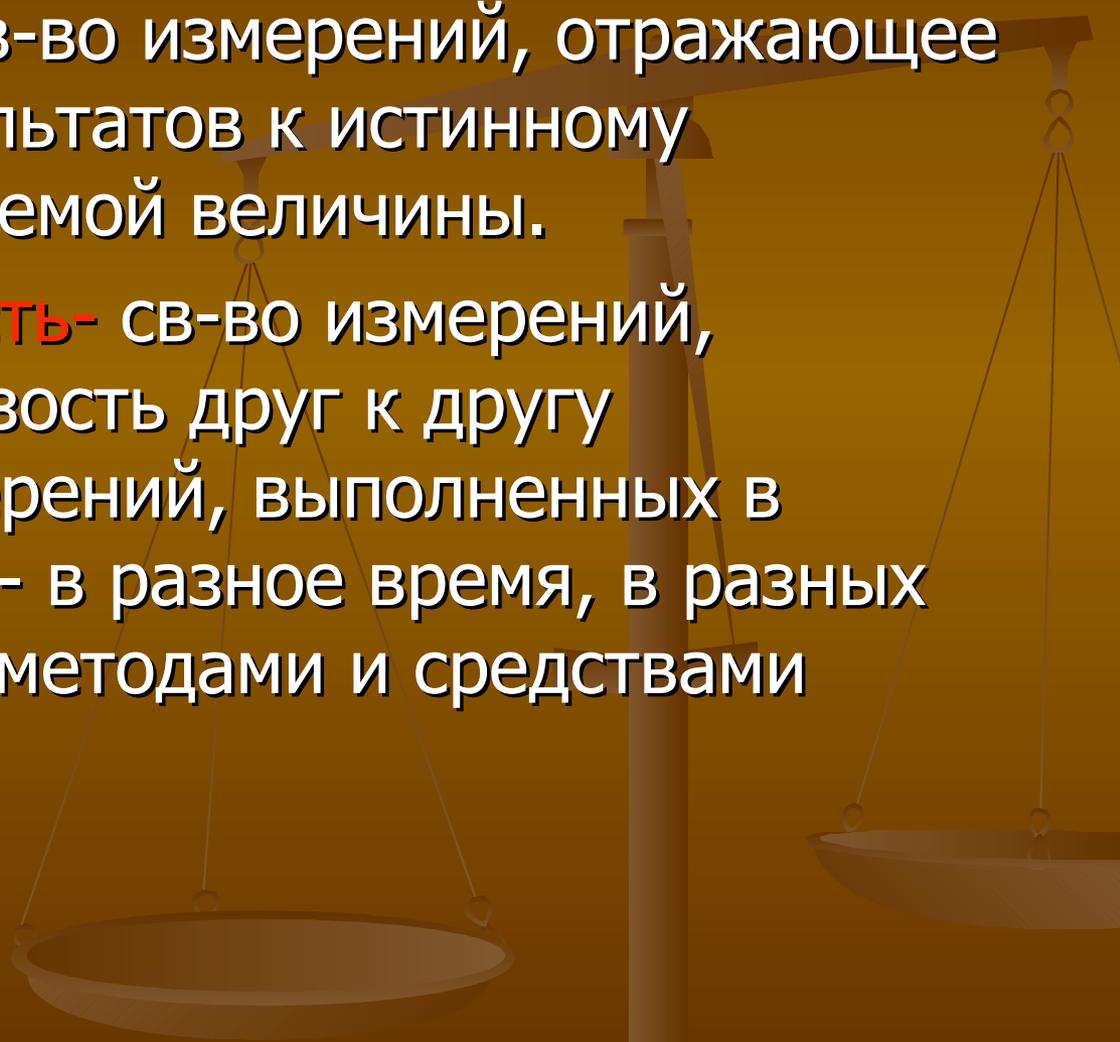
Важнейшие метрологические понятия

Точность- св-во измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины

Точность- качественный показатель «Высокая точность», «низкая точность» и т.д.

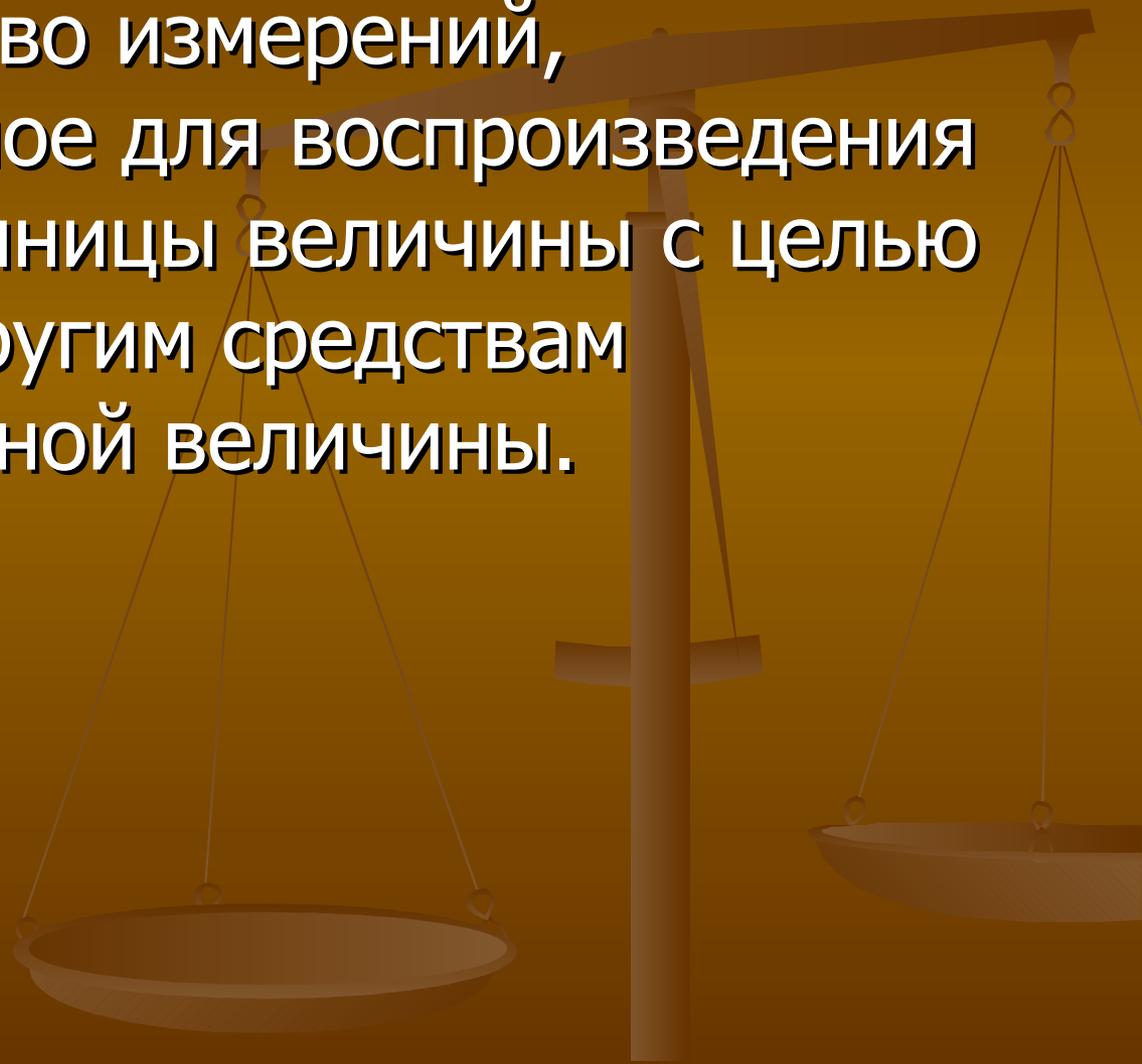
Важнейшие метрологические понятия

- **Правильность** – св-во измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.
- **Воспроизводимость** – св-во измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполненных в разных условиях - в разное время, в разных местах, разными методами и средствами измерений.



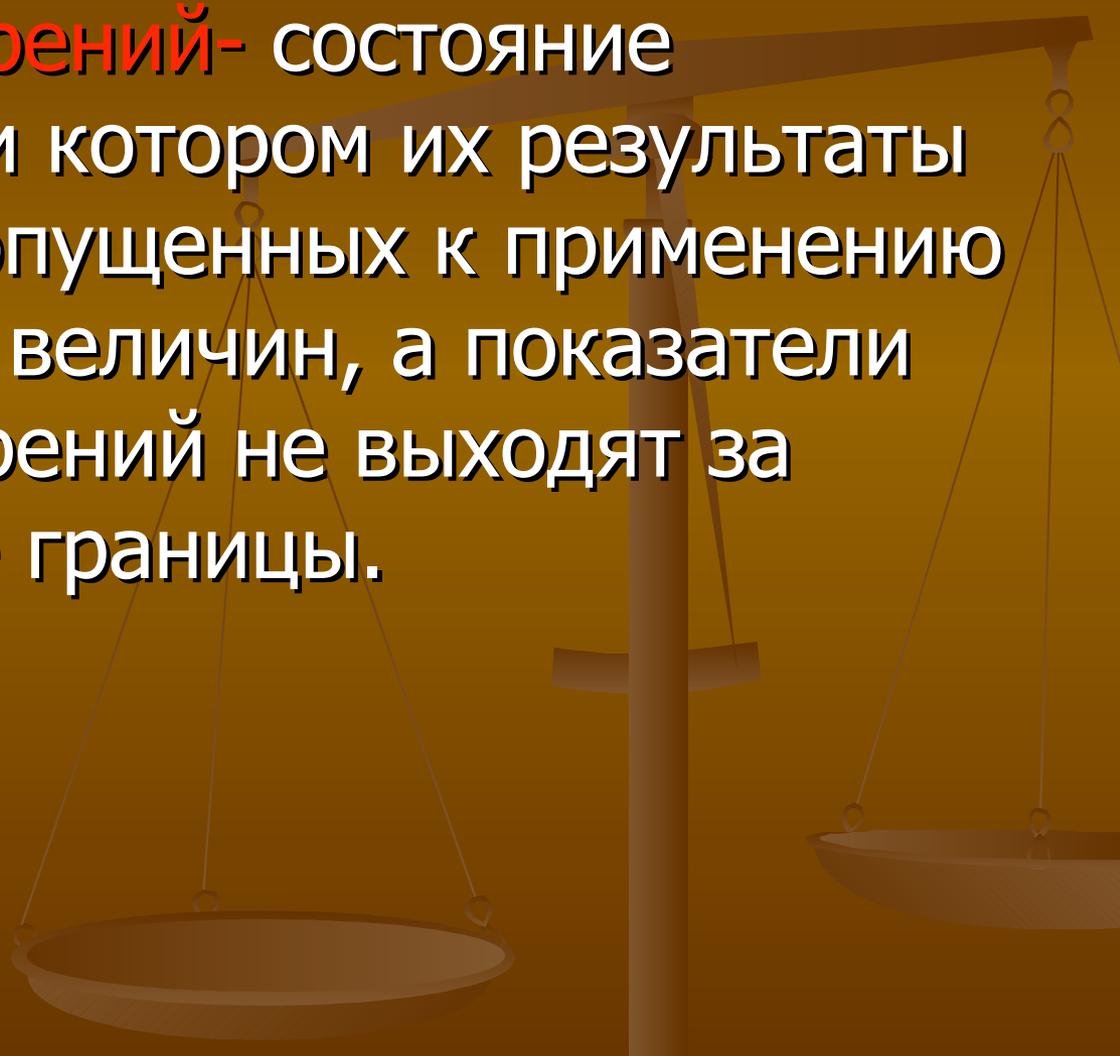
Важнейшие метрологические понятия

- **Эталон**- средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее другим средствам измерений данной величины.



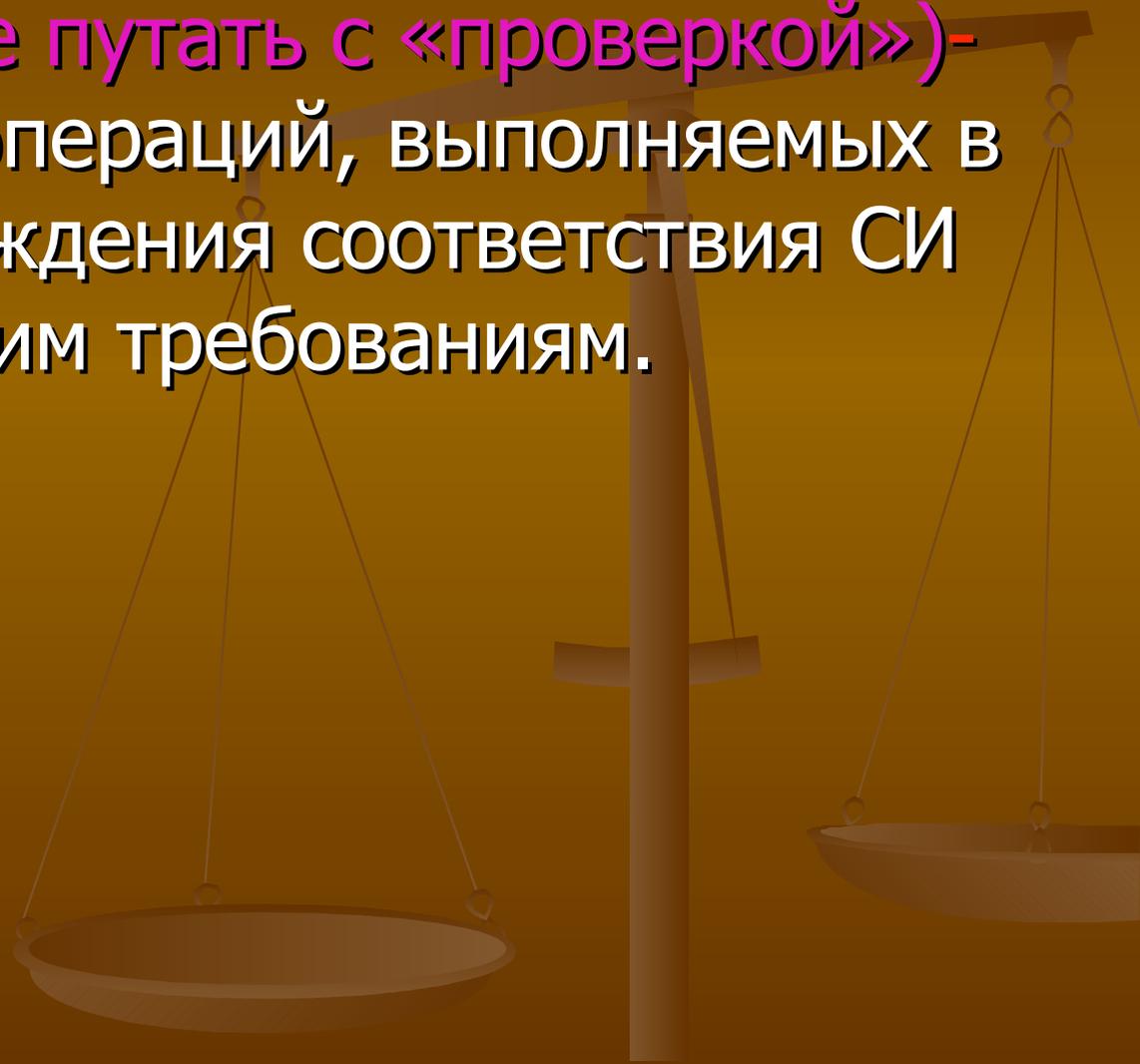
Важнейшие метрологические понятия

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



Важнейшие метрологические понятия

- **Поверка СИ (не путать с «проверкой»)** - совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия СИ метрологическим требованиям.



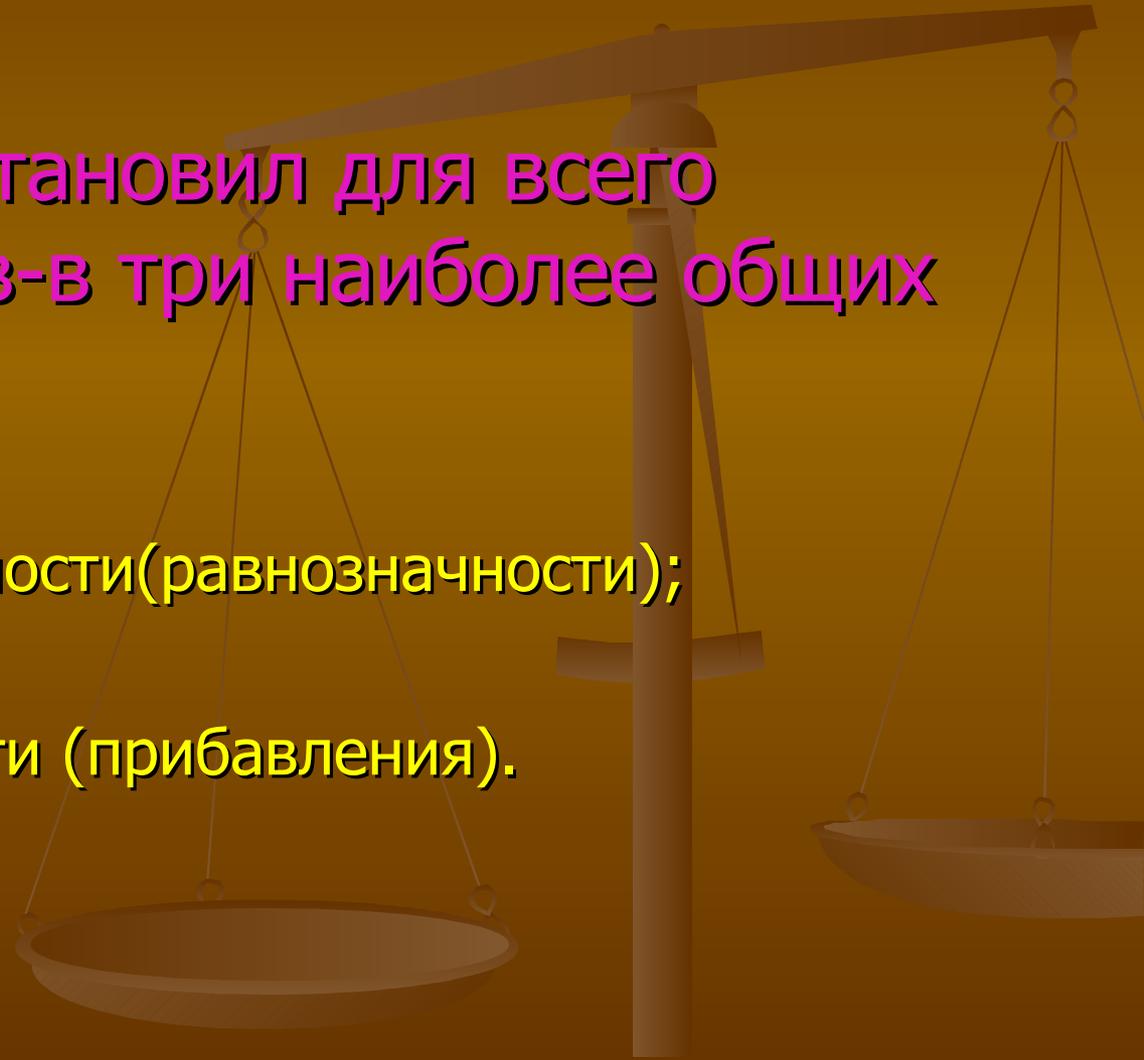
Физические свойства объектов

- Их неограниченное кол-во с бесконечным разнообразием.
- Н.Р. Кэмпбел установил для всего разнообразия св-в три наиболее общих проявлений:

отношение эквивалентности(равнозначности);

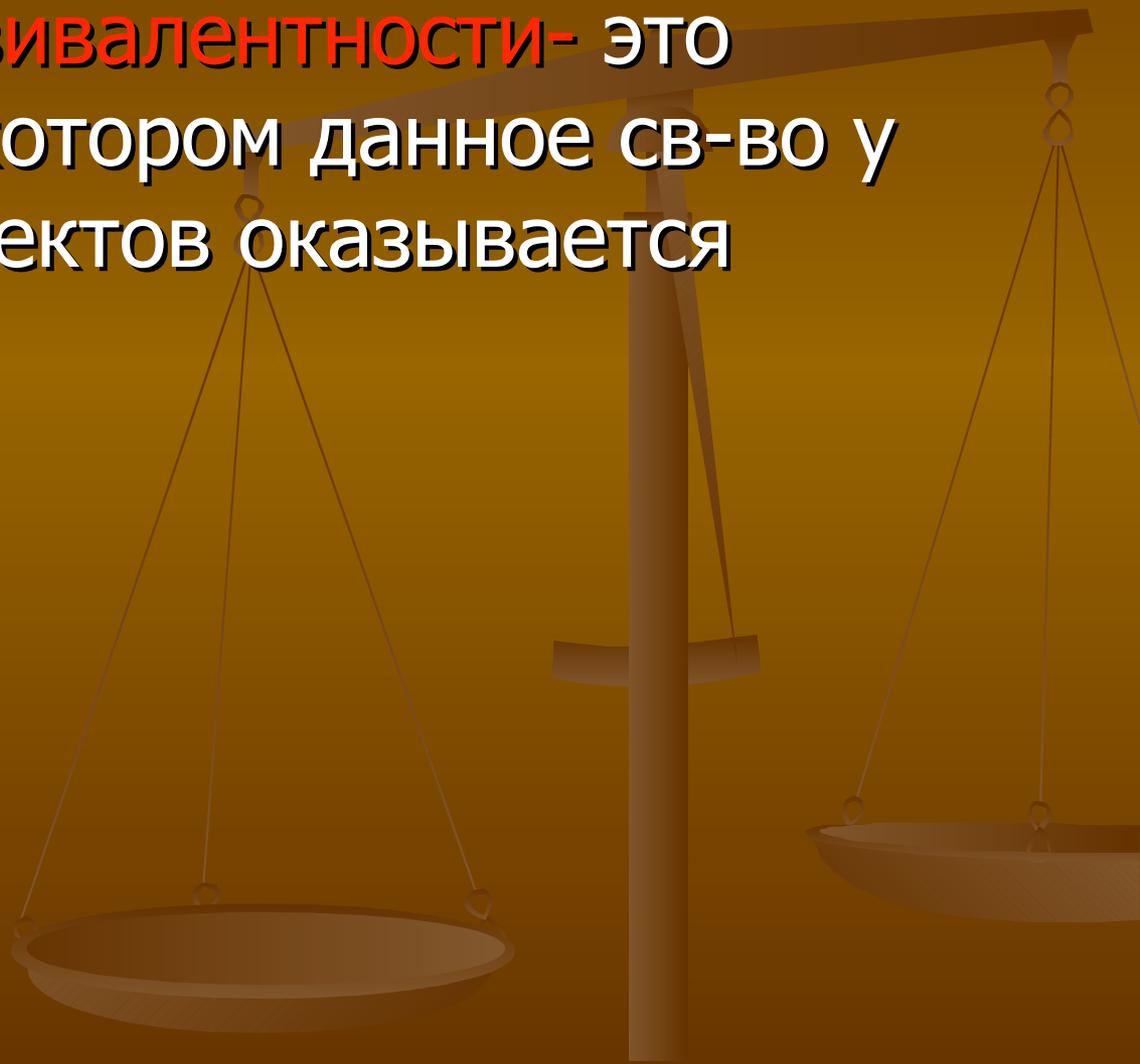
отношение порядка;

отношение аддитивности (прибавления).



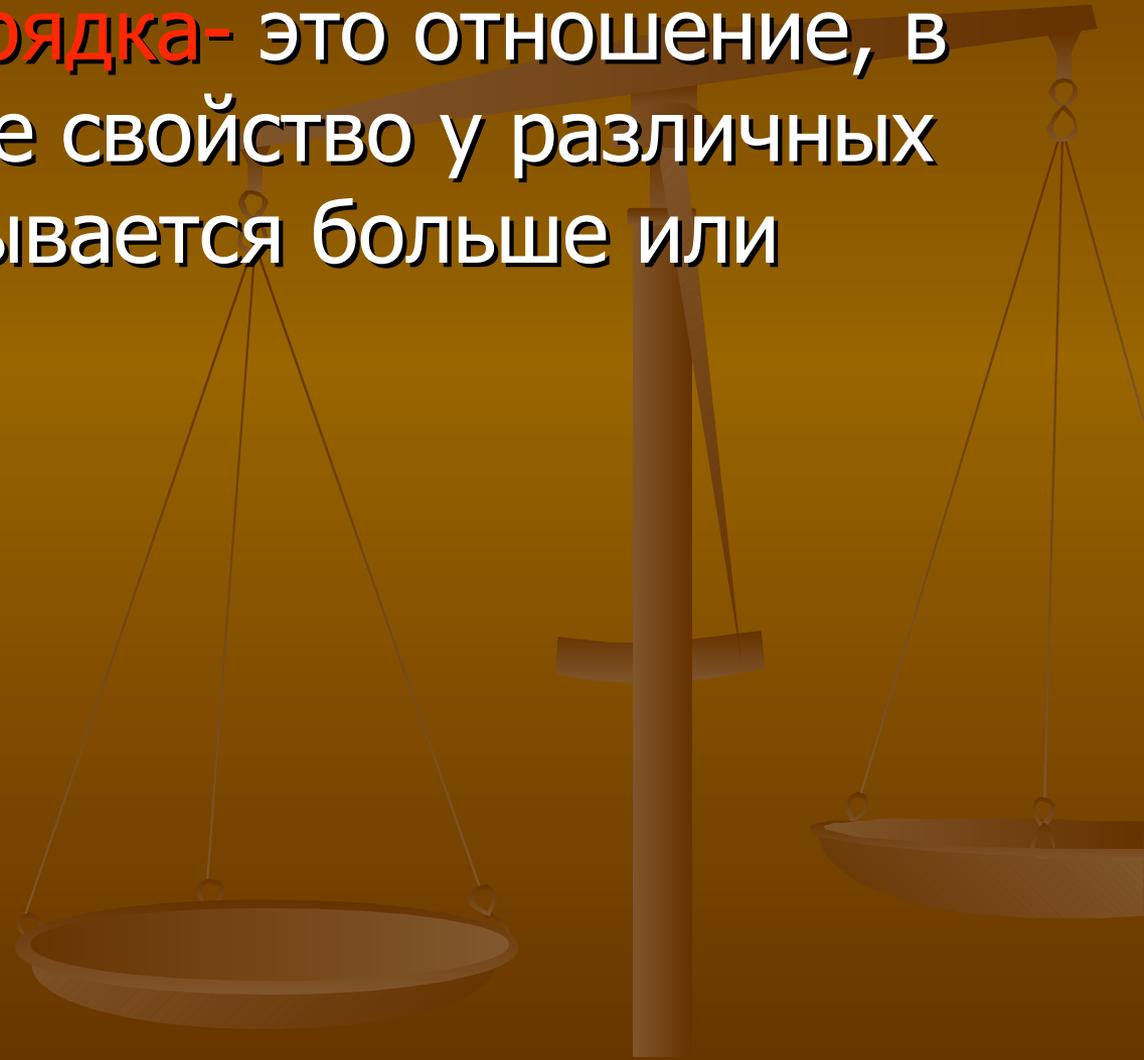
Физические свойства объектов

- **Отношение эквивалентности**- это отношение, в котором данное св-во у различных объектов оказывается одинаковым.



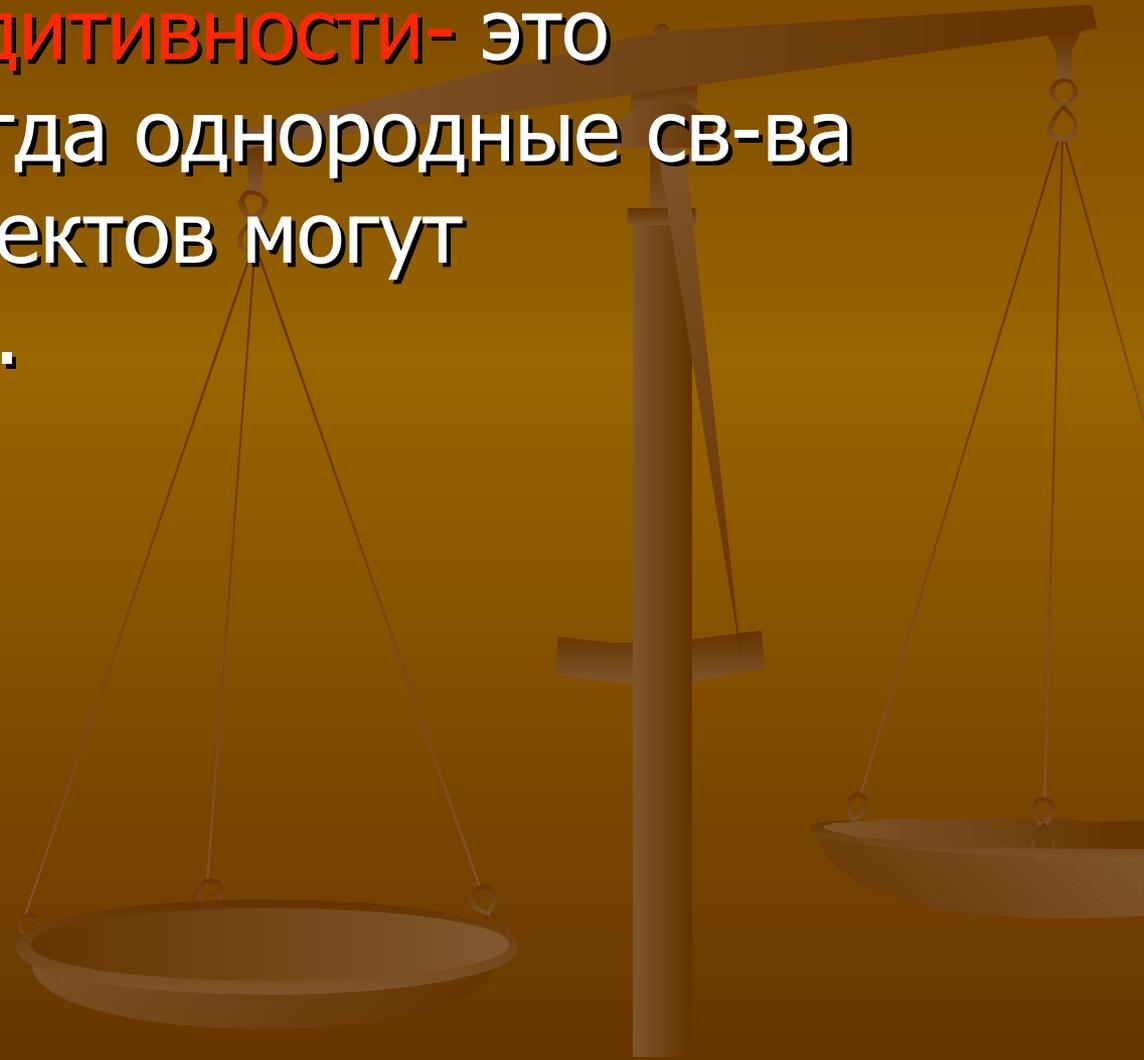
Физические свойства объектов

- **Отношение порядка**- это отношение, в котором данное свойство у различных объектов оказывается больше или меньше.



Физические свойства объектов

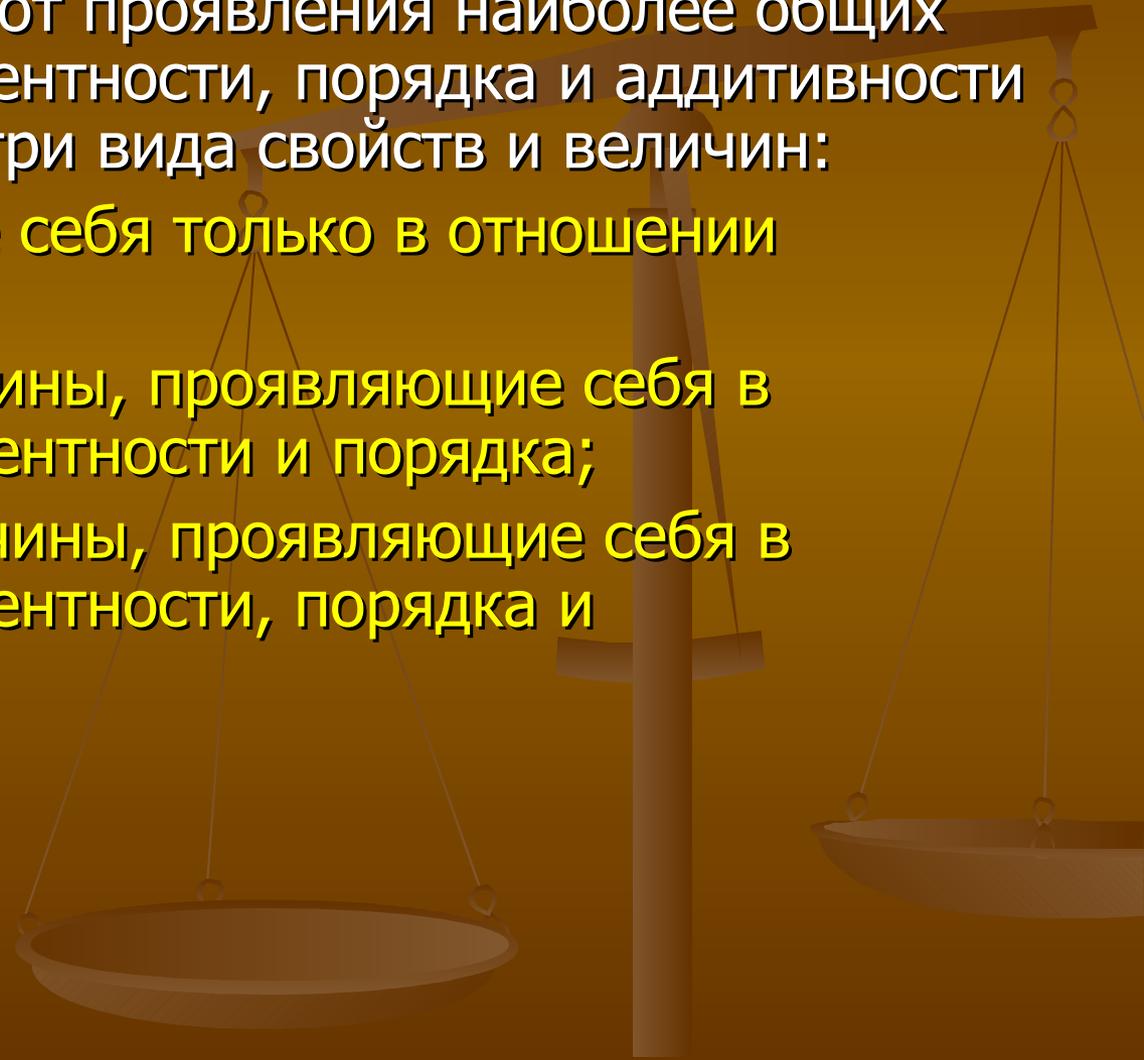
- **Отношение аддитивности**- это отношение, когда однородные св-ва различных объектов могут суммироваться.



Физические свойства объектов

Кэмпбел показал, что от проявления наиболее общих отношений эквивалентности, порядка и аддитивности следует различать три вида свойств и величин:

- Св-ва проявляющие себя только в отношении эквивалентности;
- Интенсивные величины, проявляющие себя в отношении эквивалентности и порядка;
- Экстенсивные величины, проявляющие себя в отношении эквивалентности, порядка и аддитивности.

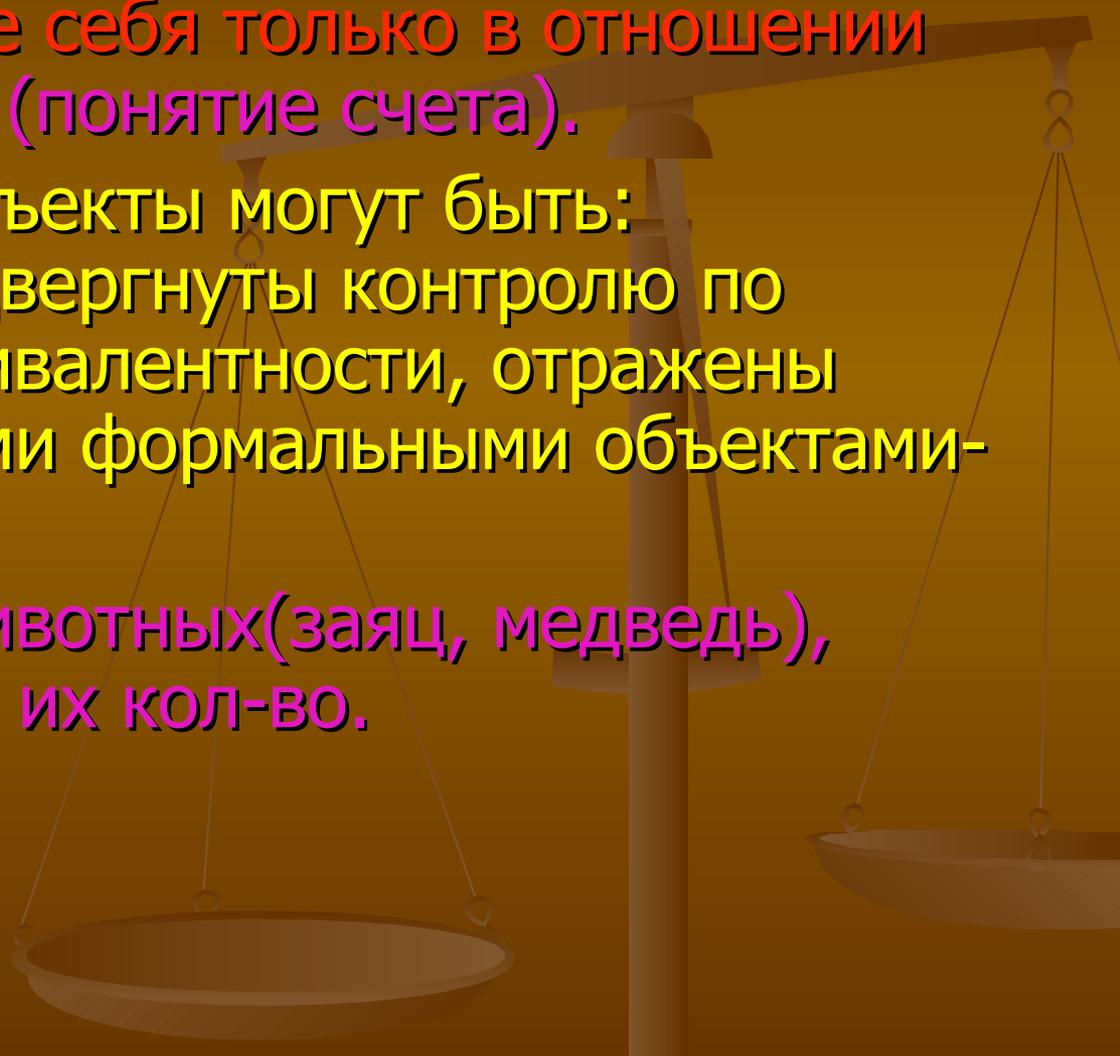


Физические свойства объектов

Св-ва проявляющие себя только в отношении эквивалентности (понятие счета).

Обладающие им объекты могут быть: обнаружены, подвергнуты контролю по классам св-в эквивалентности, отражены соответствующими формальными объектами-числами

Например: виды животных(заяц, медведь), можно посчитать их кол-во.



Физические свойства объектов

Интенсивные (усиленные, напряженные) величины, проявляющие себя в отношении эквивалентности и порядка (понятия величины и контроля)

Интенсивные величины могут быть обнаружены, классифицированы по интенсивности, подвергнуты контролю, количественно оценены монотонно возрастающими или убывающими числами.

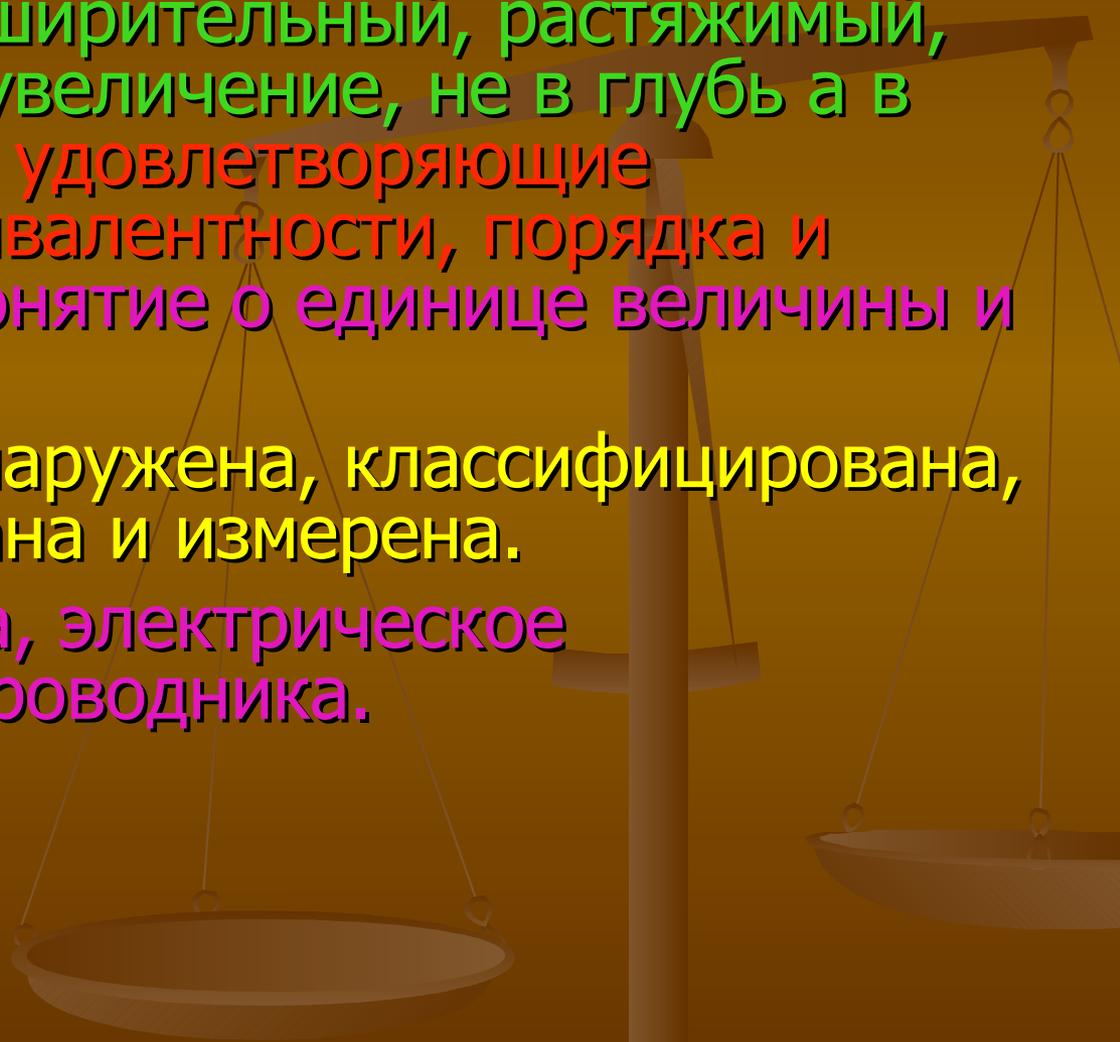
Пример: твердость материала, запах

Физические свойства объектов

Экстенсивные (расширительный, растяжимый, количественное увеличение, не в глубину а в ширь) величины, удовлетворяющие отношениям эквивалентности, порядка и аддитивности (понятие о единице величины и измерении).

ФВ может быть обнаружена, классифицирована, проконтролирована и измерена.

Пример: масса тела, электрическое сопротивление проводника.



Физические величины



Классификация величин

Физические величины

```
graph TD; A[Физические величины] --> B[Энергетические (активные)]; A --> C[Вещественные (пассивные)]; A --> D[Характеризующие процессы];
```

Энергетические
(активные)

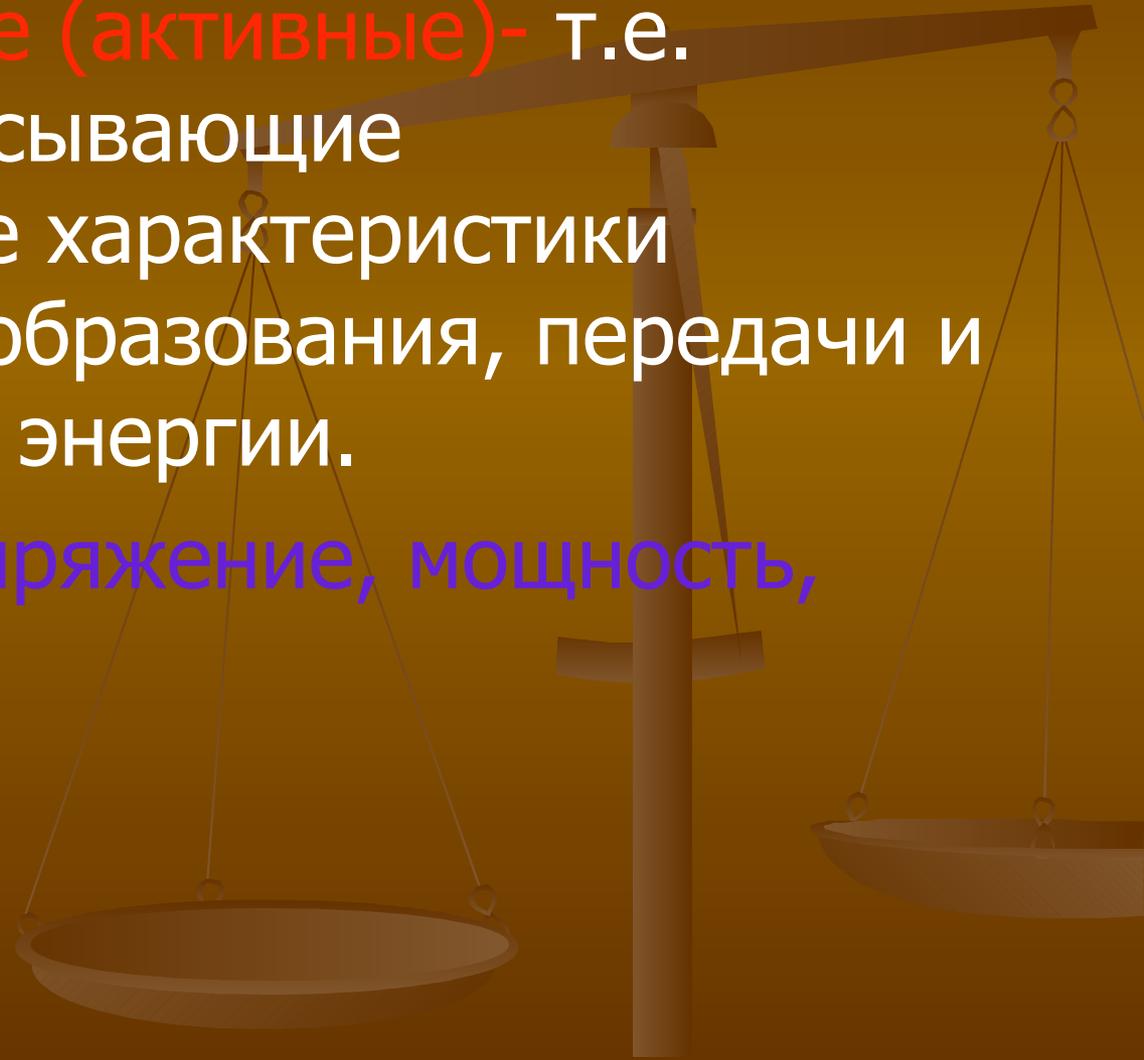
Вещественные
(пассивные)

Характеризующие
процессы

Классификация величин

- **Энергетические (активные)**- т.е. величины, описывающие энергетические характеристики процессов преобразования, передачи и использования энергии.

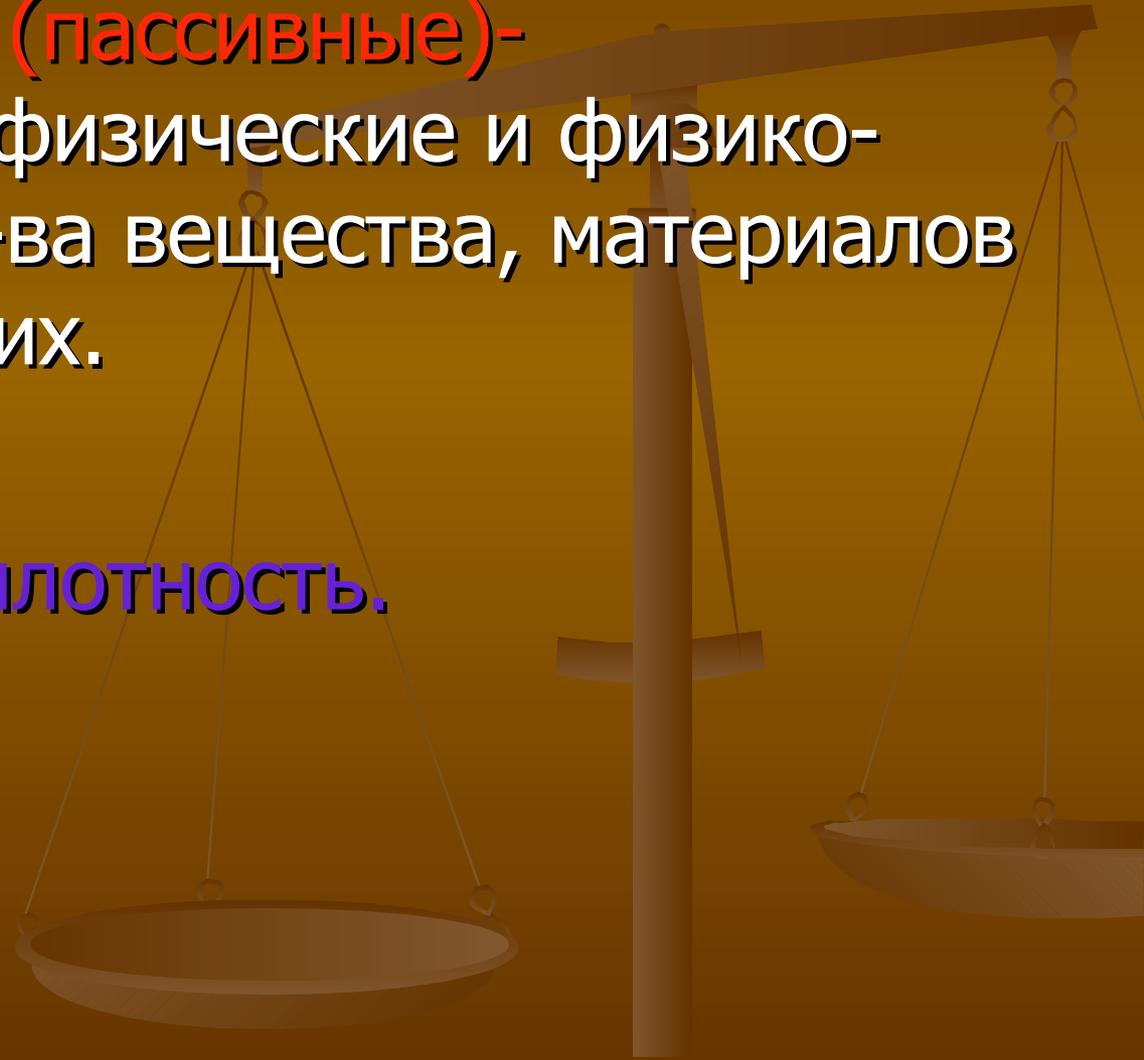
Пример: ток, напряжение, мощность, энергия.



Классификация величин

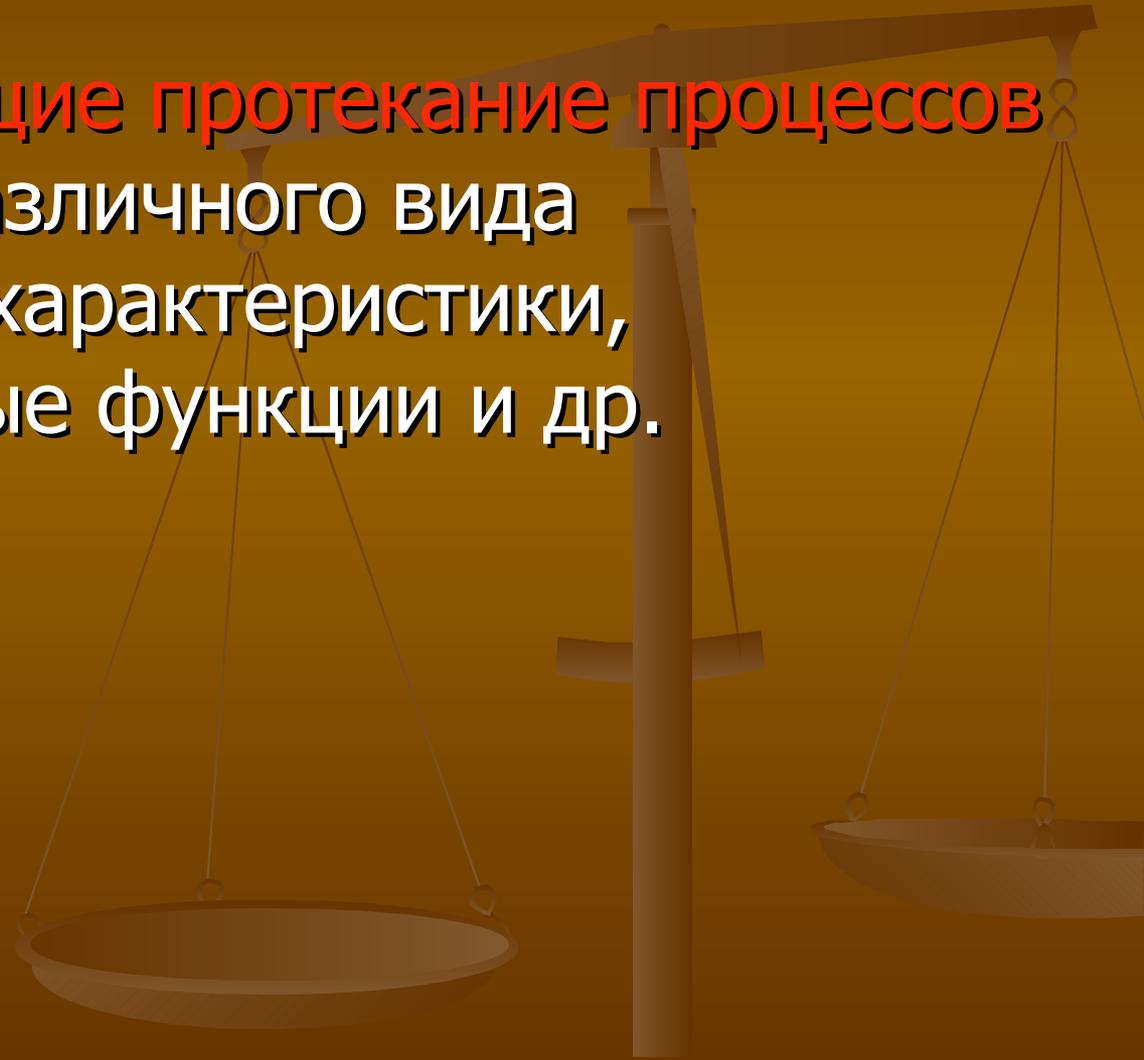
- **Вещественные (пассивные)**- описывающие физические и физико-химические св-ва вещества, материалов и изделий из них.

Пример: масса, плотность.



Классификация величин

- **Характеризующие протекание процессов во времени**- различного вида спектральные характеристики, корреляционные функции и др.



Основные и дополнительные единицы системы SI (7+2)

Величина		Единица		
наименование	размерность	наименование	обозначение	
			международное	русское
Длина	L	Метр	m	
Масса	M	Килограмм	kg	
Время	T	Секунда	s	
Сила электрического тока	I	Ампер	A	
Термодинамическая температура	θ	Кельвин	K	
Количество вещества	N	Моль	mol	
Сила света	J	Кандела	cd	
Дополнительные				
Плоский угол		Радян	rad	

Измерение – совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины.

$$Q = q[Q]$$

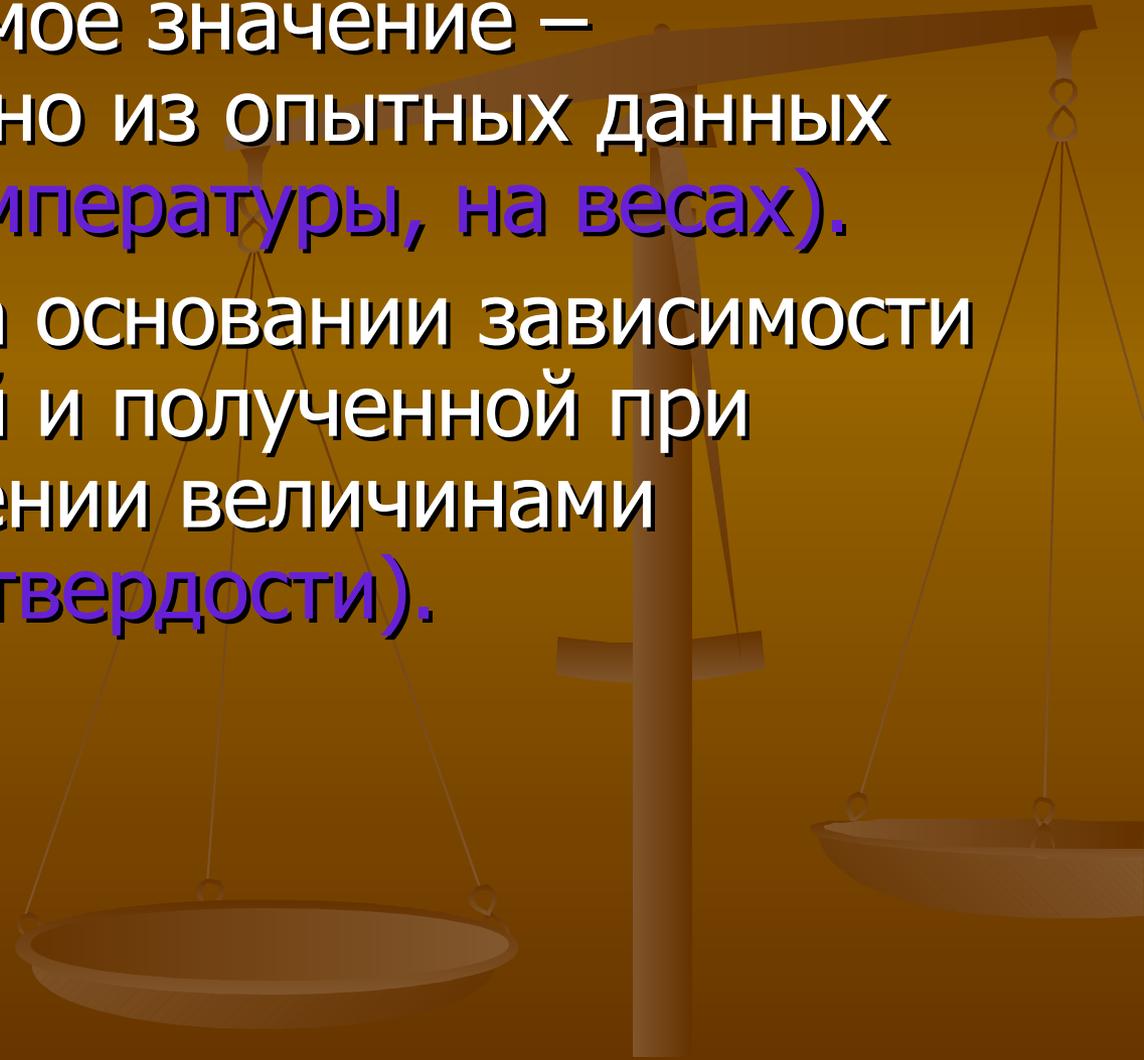
Где Q – значение физической величины ФВ

q – числовое значение ФВ

$[Q]$ – единица ФВ

Основные виды измерений

- **Прямые** - искомое значение – непосредственно из опытных данных (измерение температуры, на весах).
- **Косвенные** - на основании зависимости между искомой и полученной при прямом измерении величинами (определение твердости).



Методы прямых измерений

(основа сложных измерений)

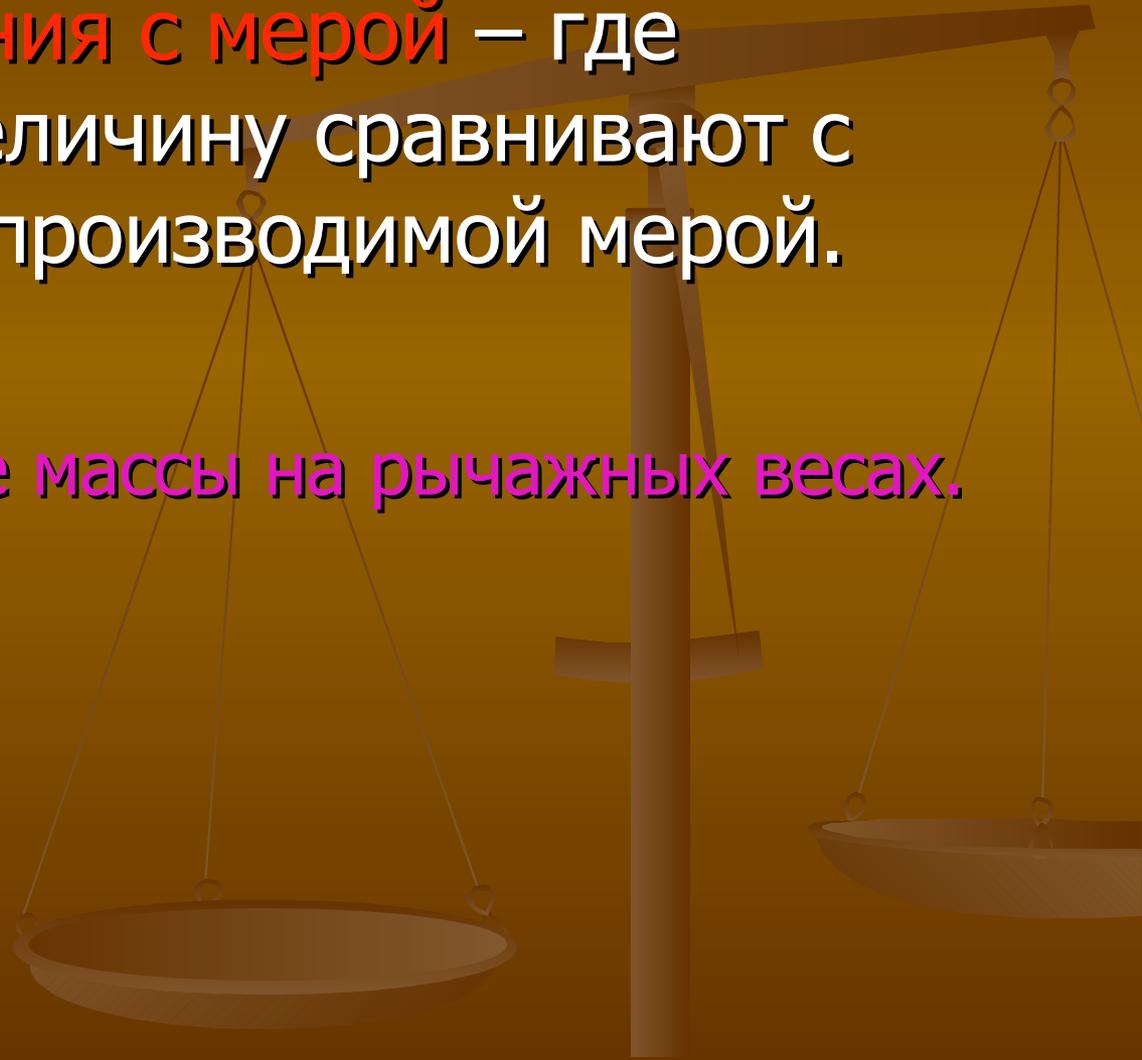
1. **Метод непосредственной оценки** – при котором значение величины определяют непосредственно по отчетному устройству измерительного прибора.

Например: измерение давления манометром, массы – на весах, силы электрического тока - амперметром

Методы прямых измерений

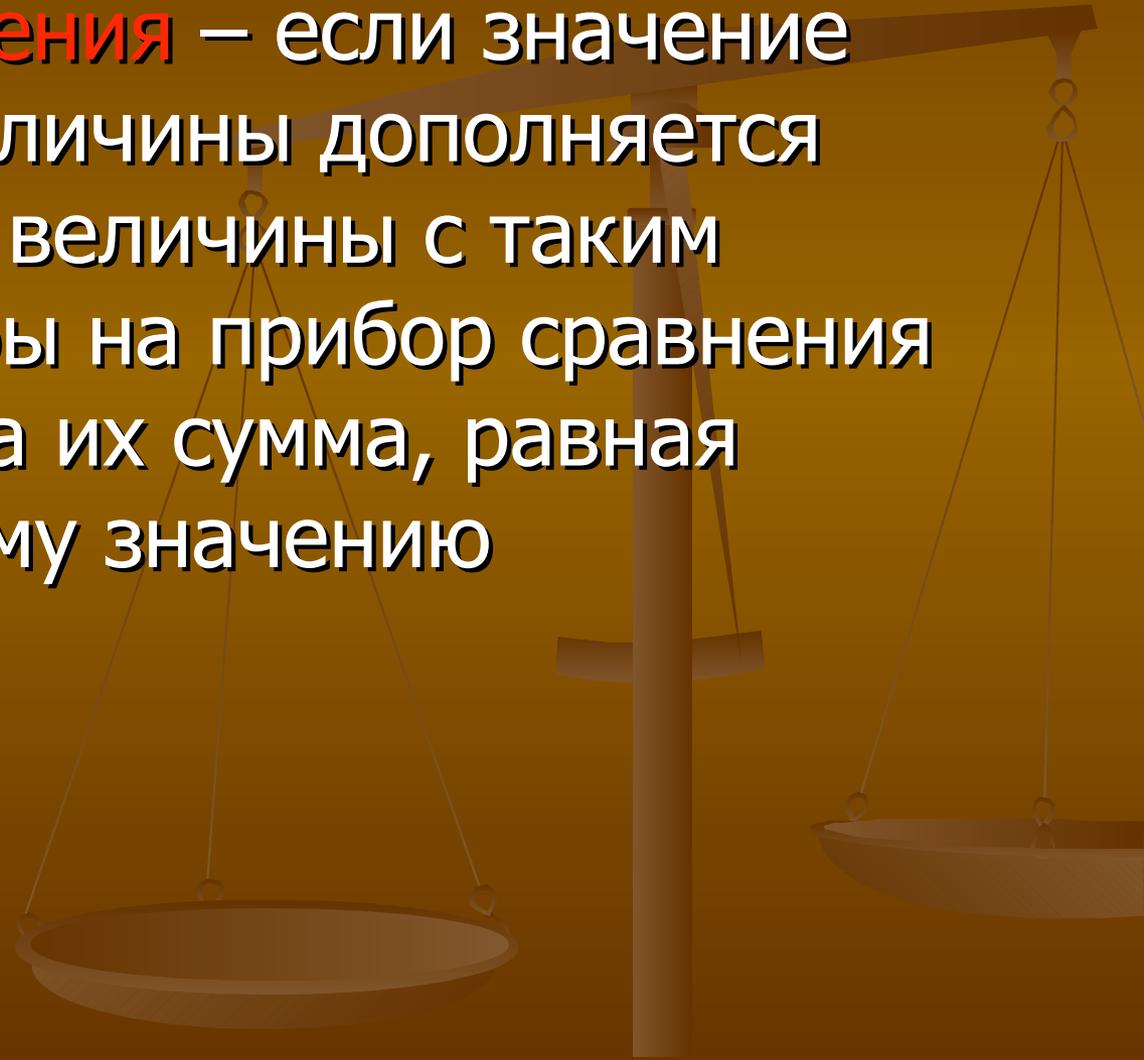
2. **Метод сравнения с мерой** – где измеряемую величину сравнивают с величиной воспроизводимой мерой.

Пример: измерение массы на рычажных весах.



Методы прямых измерений

3. **Метод дополнения** – если значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее данному значению



Средства измерений (СИ)

Механические

- + простота
- Низкая точность

Пневматические

- + высокая точность
- + быстроедействие
- сложность настройки
- подведение сжатого воздуха

Оптические(бесконтактные)

- + высокая точность
- сложность в эксплуатации

Электрические

- + перспективны
- надежность
- удобство управления

Средства измерений (СИ)

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА (ИИС)-

Комплекс измерительных устройств, обеспечивающих одновременное получение необходимой измерительной информации о состоянии точности объекта.

«Не расчленять параметры объекта, а объединять»

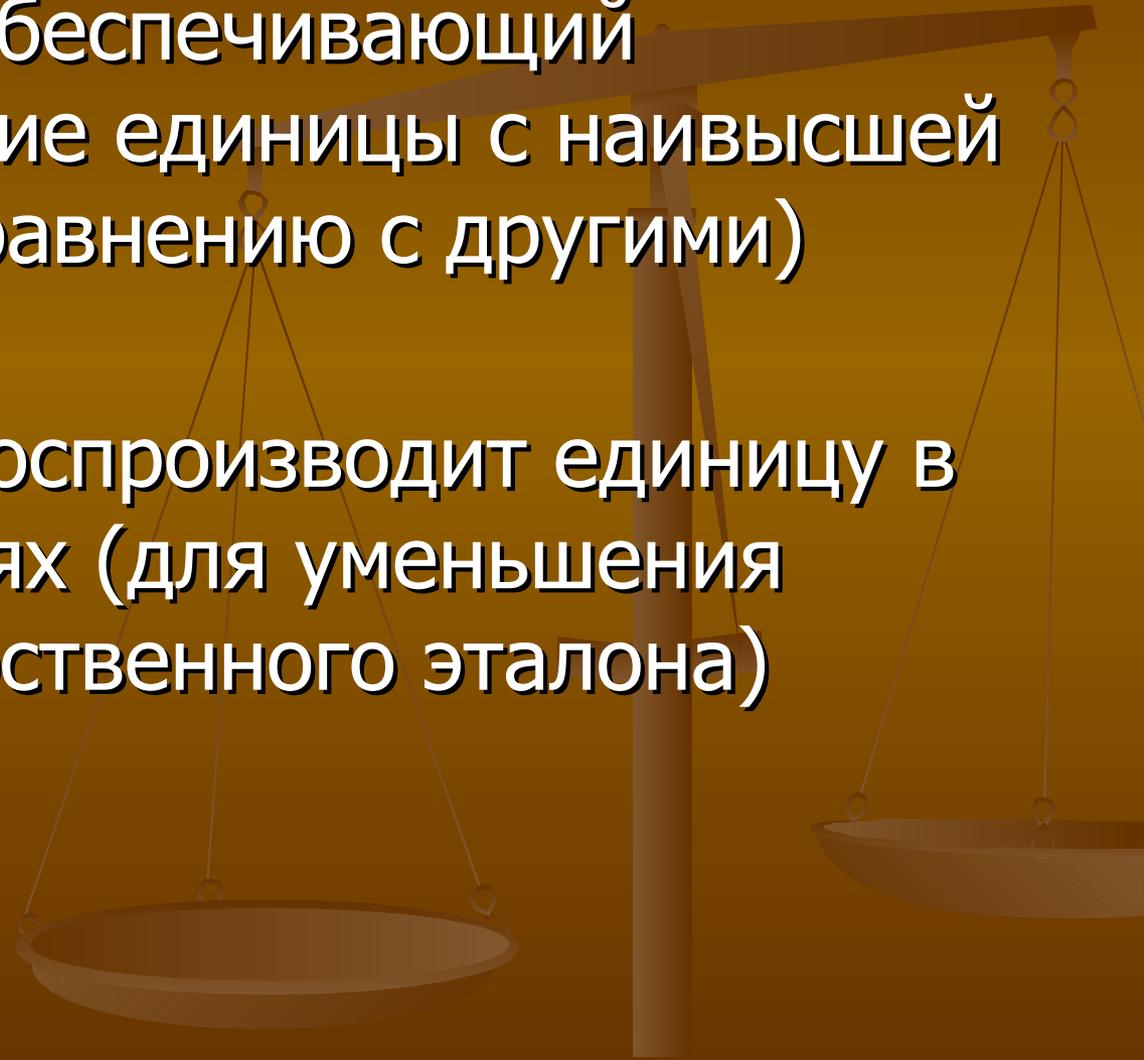
Классы точности средств измерений

Классы точности присваивают средствам измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний (I, II, III и т.д. или M, C и т.д.):

- 0,5 ГОСТ 8711-78
- 0,02/0,01
- $0,5\sqrt{\quad}$
- 0,1

Виды эталонов

- **Первичный** – обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими) точностью
- **Вторичный** – воспроизводит единицу в особых условиях (для уменьшения износа государственного эталона)

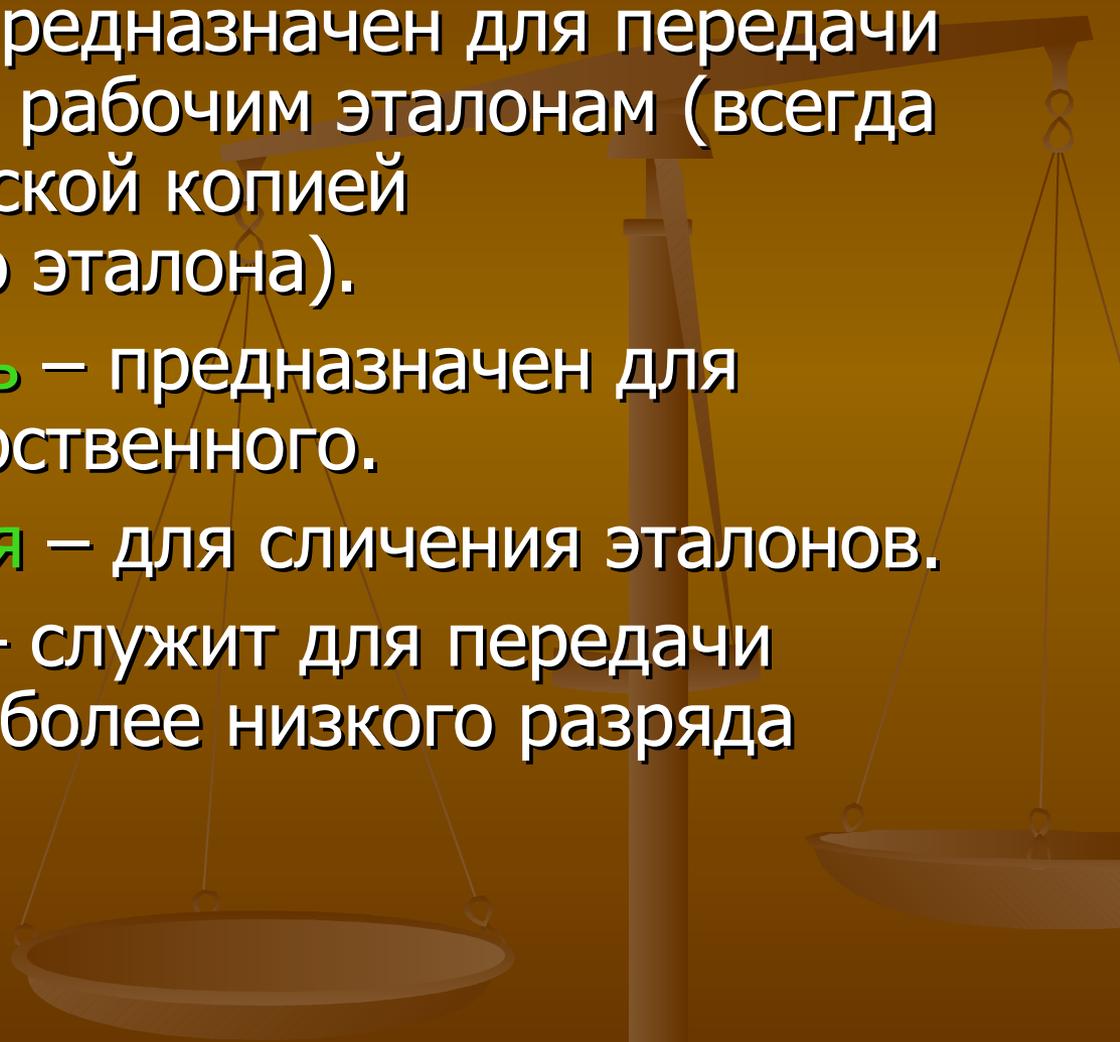


Вторичный (специальный) эталон



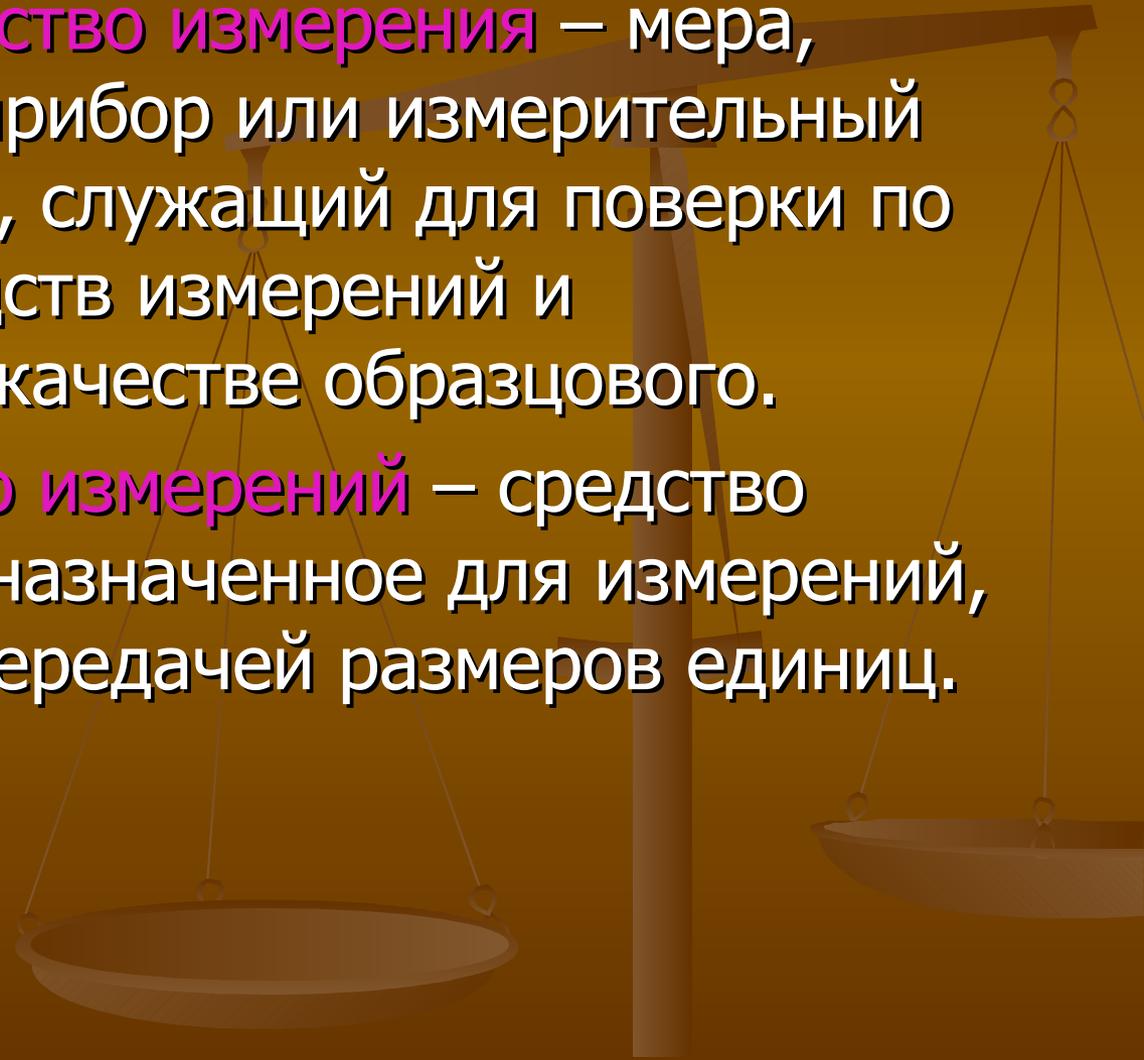
Вторичный (специальный) эталон

- **Эталон-копия** – предназначен для передачи размеров единиц рабочим эталонам (всегда является физической копией государственного эталона).
- **Эталон-свидетель** – предназначен для проверки государственного.
- **Эталон сравнения** – для сличения эталонов.
- **Рабочий эталон** – служит для передачи размера эталону более низкого разряда



Виды эталонов

- **Образцовое средство измерения** – мера, измерительный прибор или измерительный преобразователь, служащий для поверки по нему других средств измерений и утвержденный в качестве образцового.
- **Рабочее средство измерений** – средство измерения, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размеров единиц.

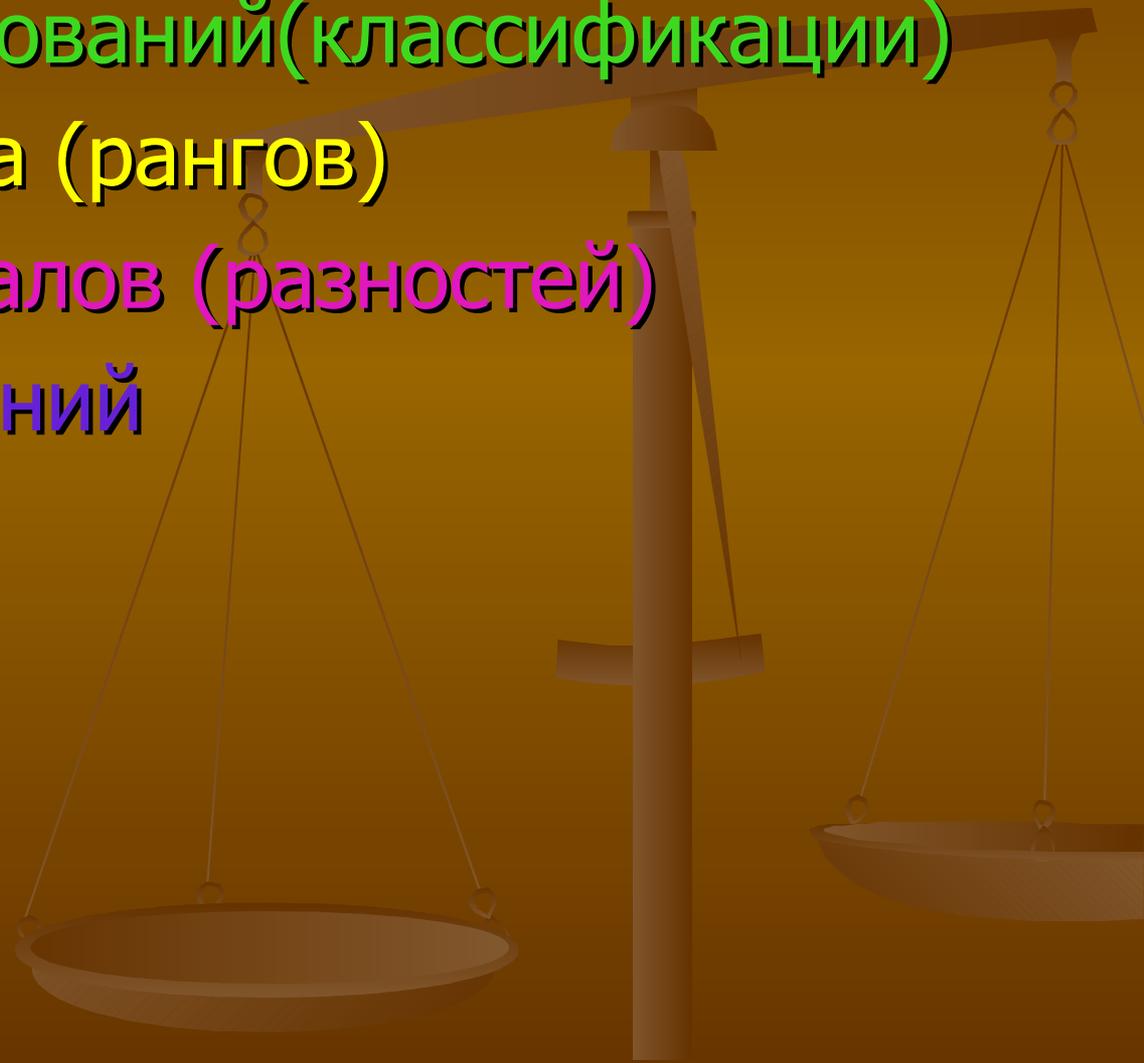


Основные понятия (метрологические характеристики) связанные с СИ

- **Диапазон измерений** – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности СИ.
- **Предел измерений** – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения.
- **Цена деления шкалы** – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.
- **Чувствительность** – отношение изменения сигнала Δy на выходе СИ к вызвавшему это изменение изменению Δx сигнала на входе ($S = \Delta y / \Delta x$).

Шкалы измерений

- Шкалы наименований (классификации)
- Шкалы порядка (рангов)
- Шкалы интервалов (разностей)
- Шкалы отношений

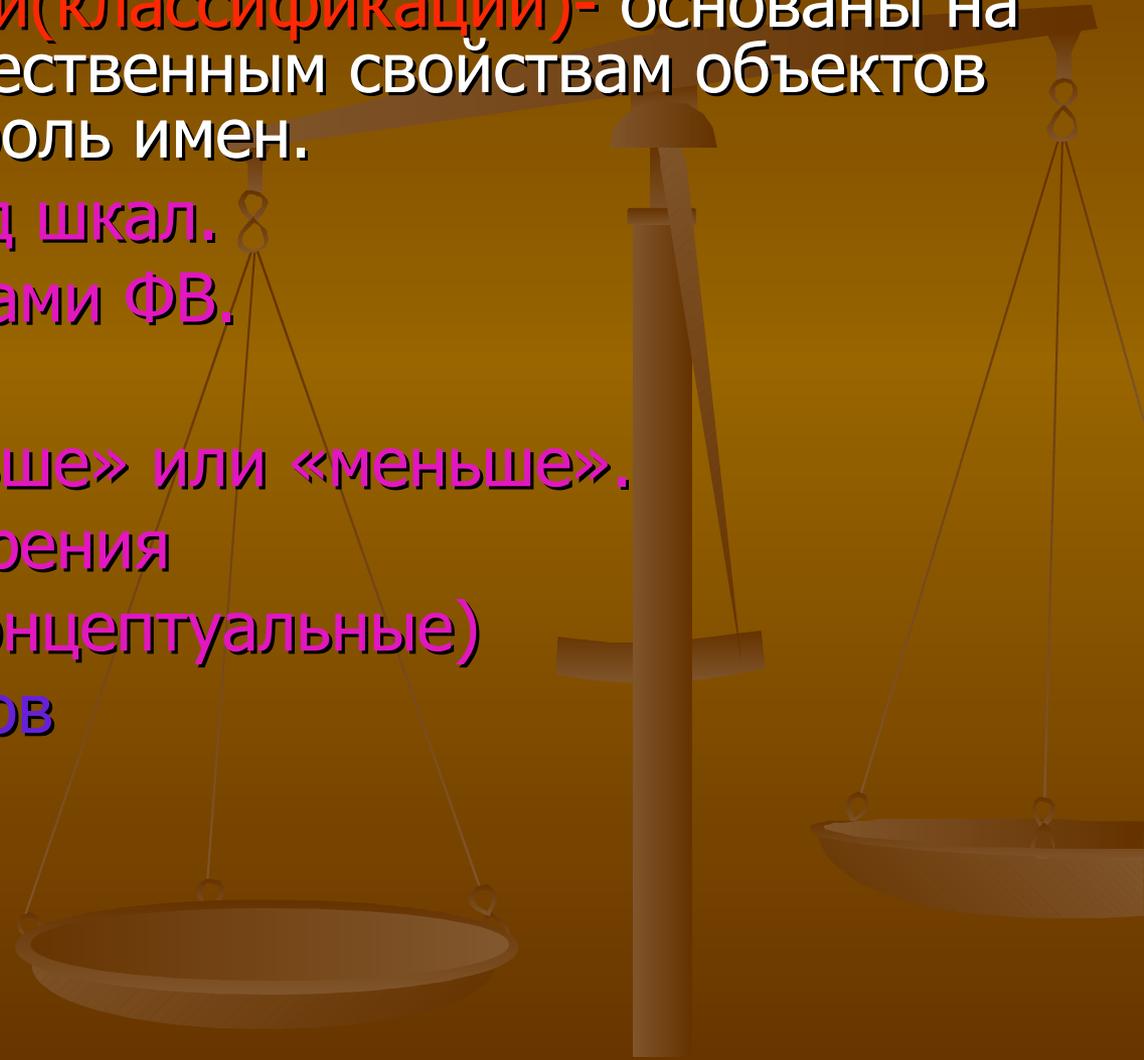


Шкалы измерений

Шкалы наименований (классификации) - основаны на приписывании качественным свойствам объектов чисел, играющих роль имен.

- Самый простой вид шкал.
- Не являются шкалами ФВ.
- Нет «0».
- Нет понятия «больше» или «меньше».
- Нет единицы измерения
- Неметрические (концептуальные)

Пример: шкала цветов

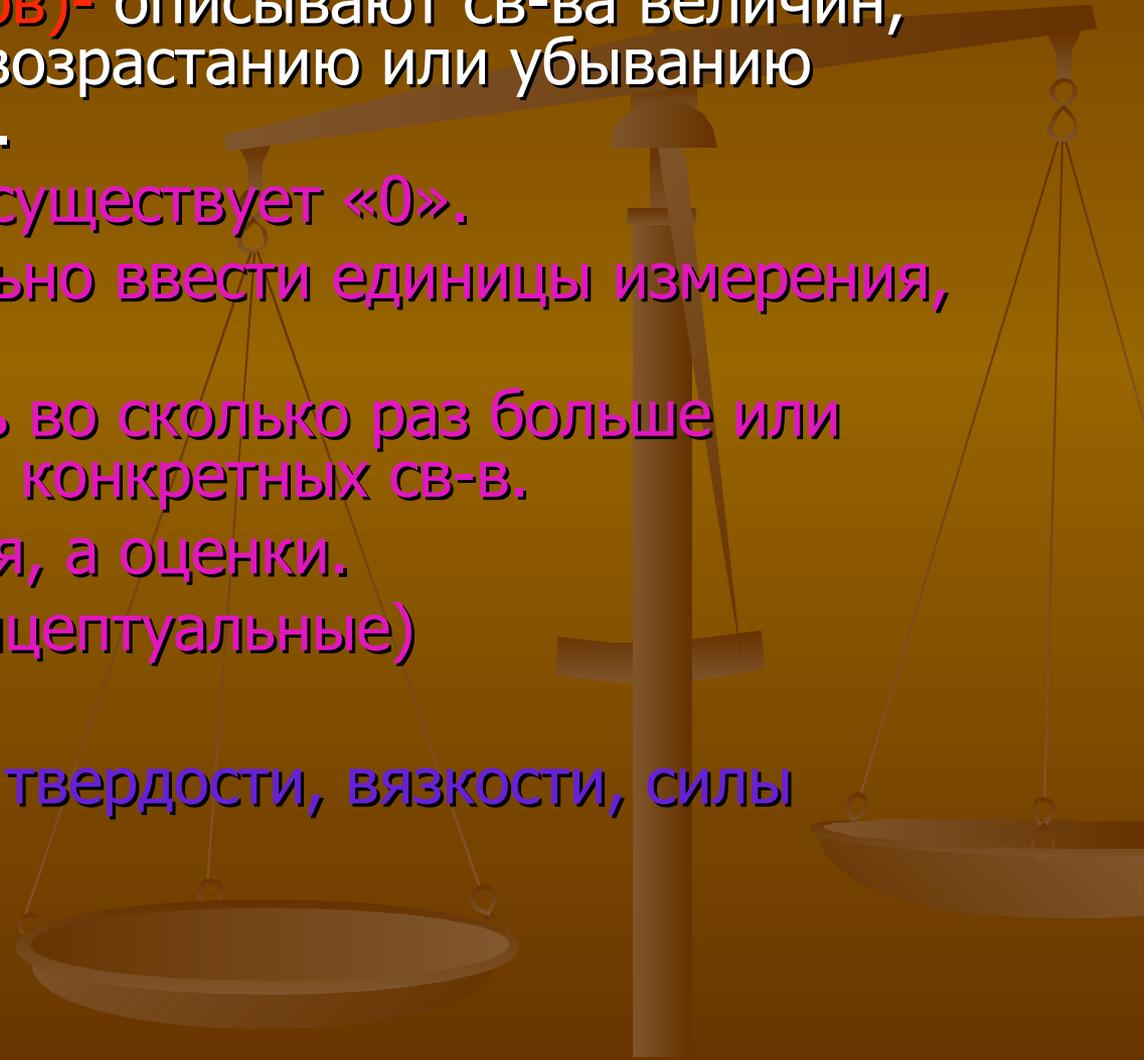


Шкалы измерений

Шкалы порядка (рангов)- описывают св-ва величин, упорядоченные по возрастанию или убыванию оцениваемого св-ва.

- Существует или не существует «0».
- Нельзя принципиально ввести единицы измерения, только условные.
- Не возможно судить во сколько раз больше или меньше проявления конкретных св-в.
- Шкала не измерения, а оценки.
- Неметрические (концептуальные)

Пример: определение твердости, вязкости, силы морского ветра.



Шкалы измерений

Шкалы интервалов (разностей)- дальнейшее развитие шкал порядка, св-ва которых удовлетворяют отношениям эквивалентности (равнозначности), порядка и аддитивности (прибавления).

- Состоит из одинаковых интервалов.
- Имеет единицу измерения.
- Имеет произвольно выбранное начало «0».
- Можно складывать и вычитать, сравнивать во сколько раз больше (кроме дат, это бессмысленно).
- Являются метрическими (материальными)

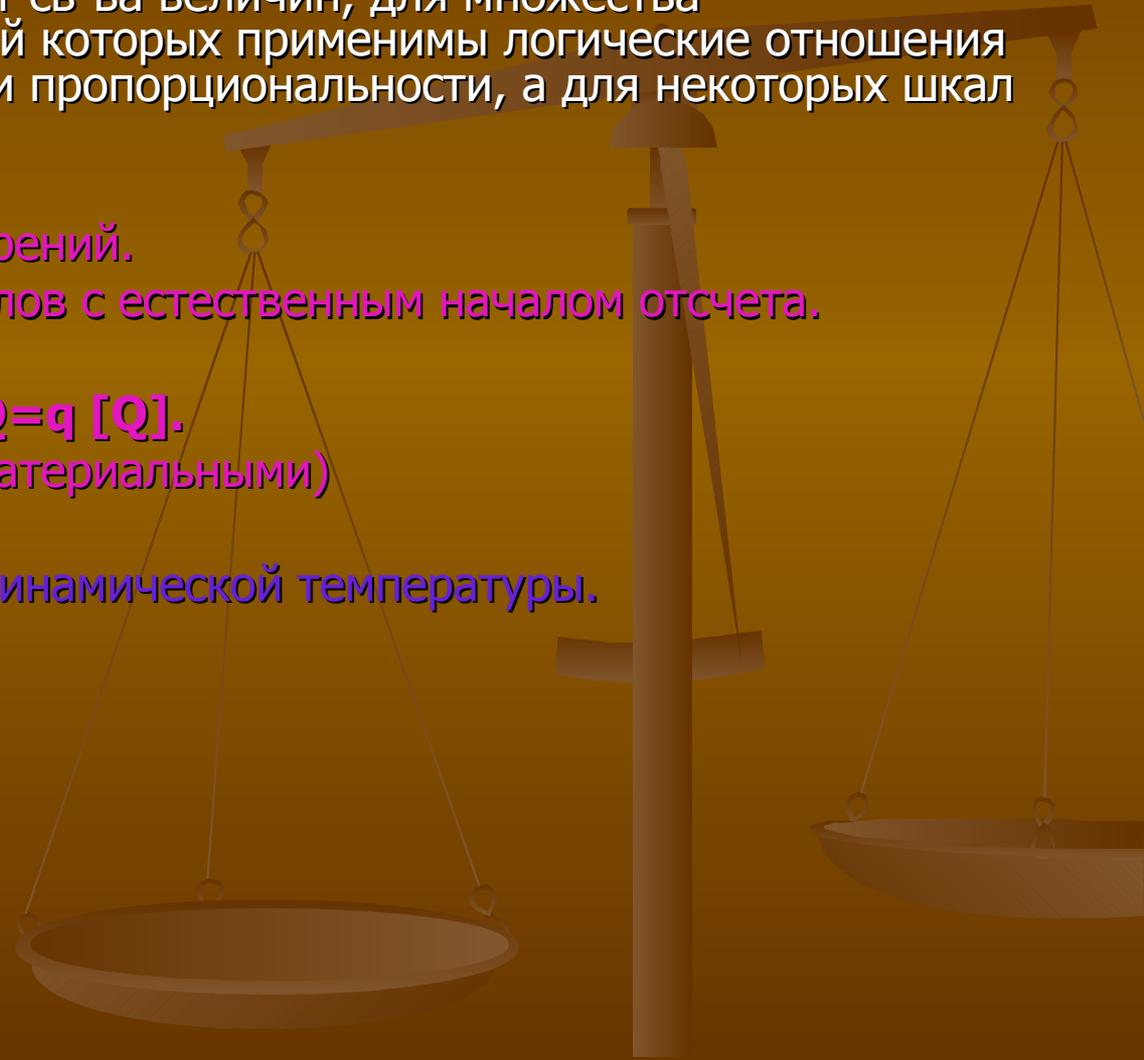
Пример: температура Цельсия, летоисчисление по календарям

Шкалы измерений

Шкалы отношений- описывают св-ва величин, для множества количественных проявлений которых применимы логические отношения эквивалентности, порядка и пропорциональности, а для некоторых шкал отношение суммирования.

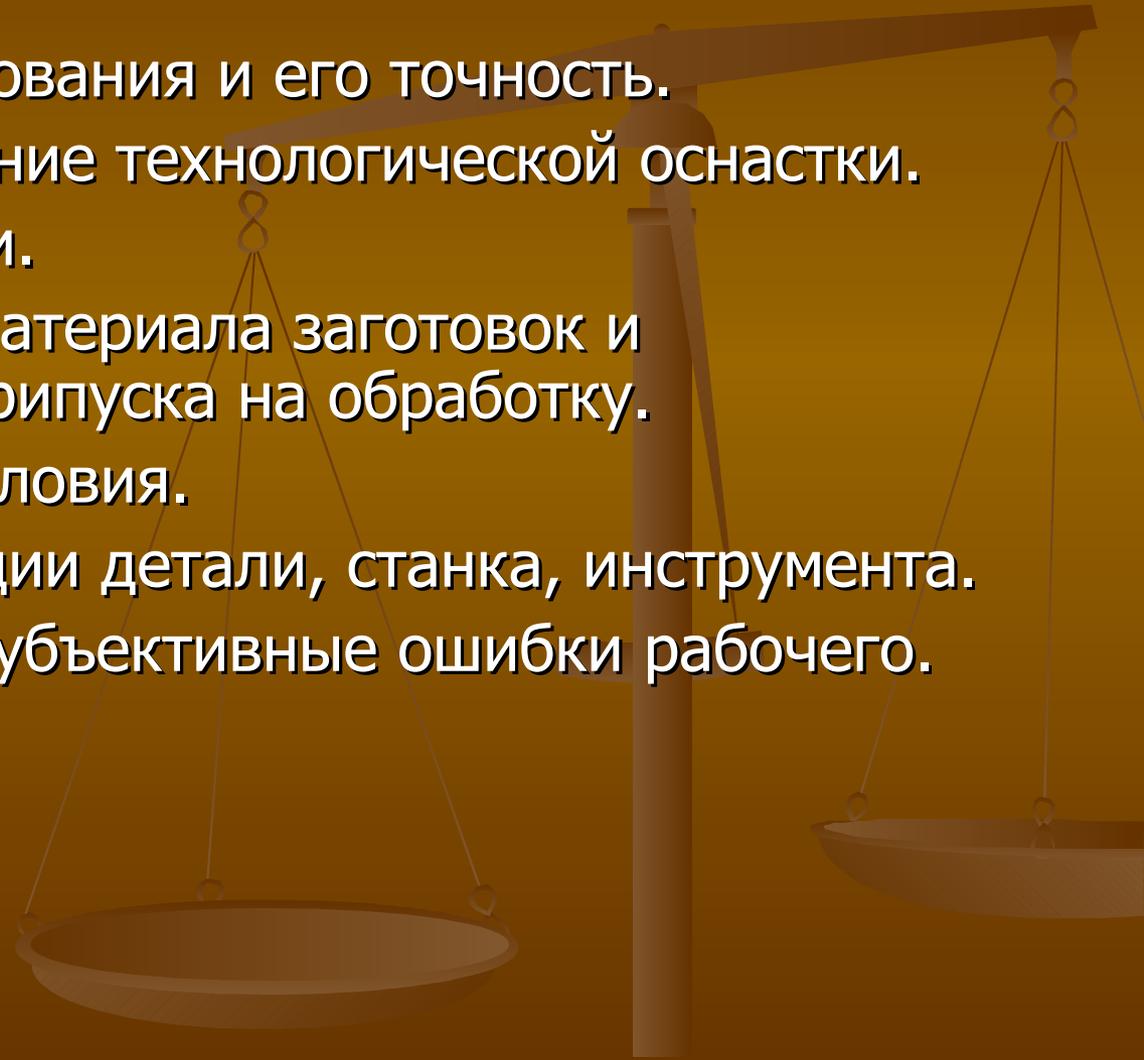
- Существует «0».
- Установлена единица измерений.
- По сути это шкала интервалов с естественным началом отсчета.
- Самая совершенная.
- Описывается уравнением $Q=q [Q]$.
- Являются метрическими (материальными)

Пример: шкала массы, термодинамической температуры.



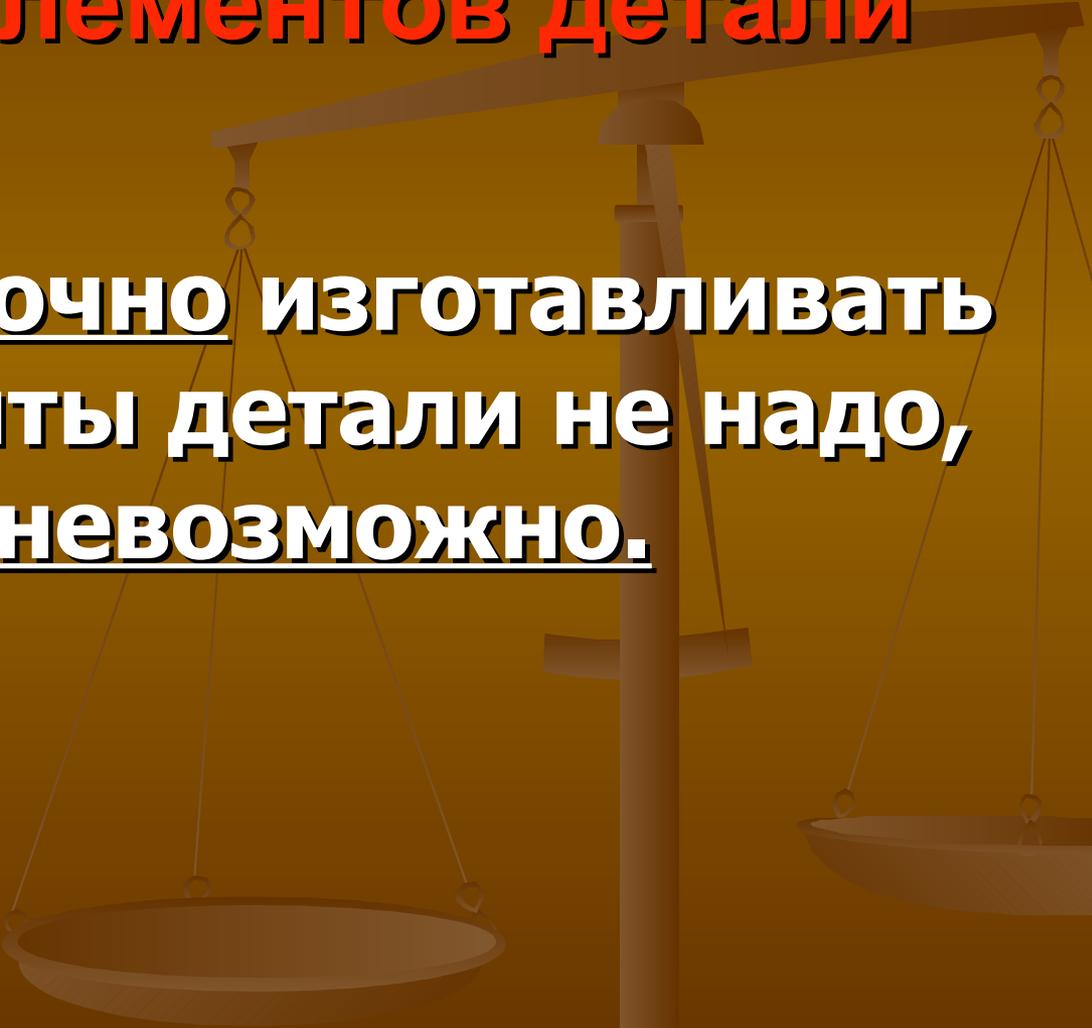
Причины появления погрешностей геометрических параметров элементов деталей

- Состояние оборудования и его точность.
- Качество и состояние технологической оснастки.
- Режимы обработки.
- Неоднородность материала заготовок и неодинаковость припуска на обработку.
- Температурные условия.
- Упругие деформации детали, станка, инструмента.
- Квалификация и субъективные ошибки рабочего.

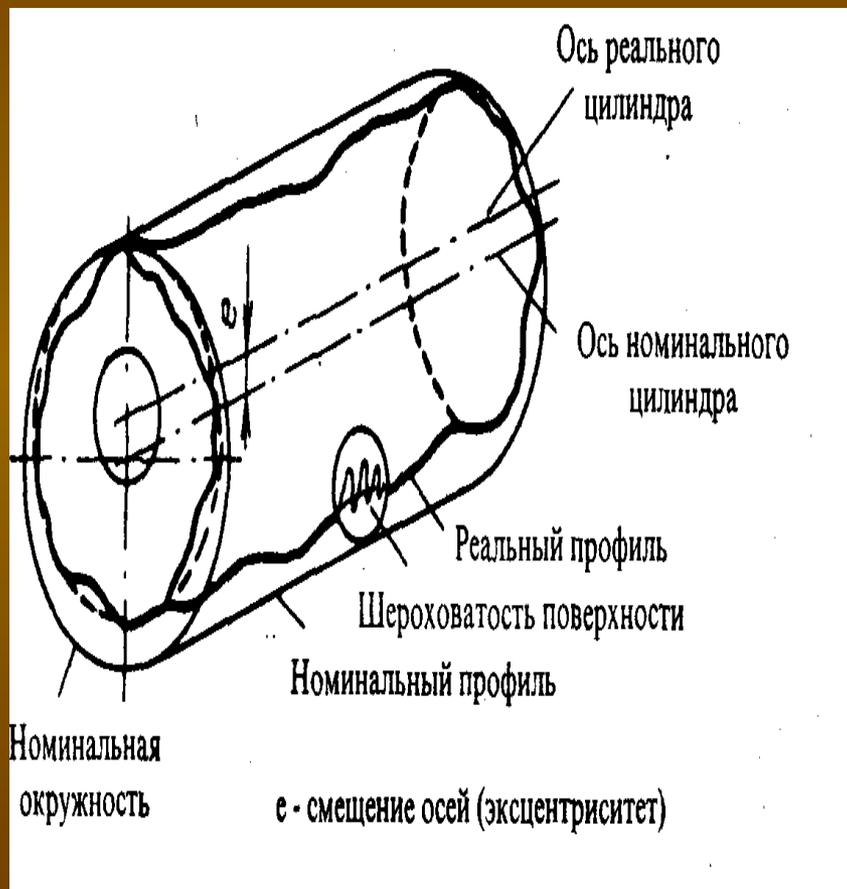


**В машиностроении чаще всего
нормируют требования к
точности элементов детали**

**абсолютно точно изготавливать
все элементы детали не надо,
да и невозможно.**

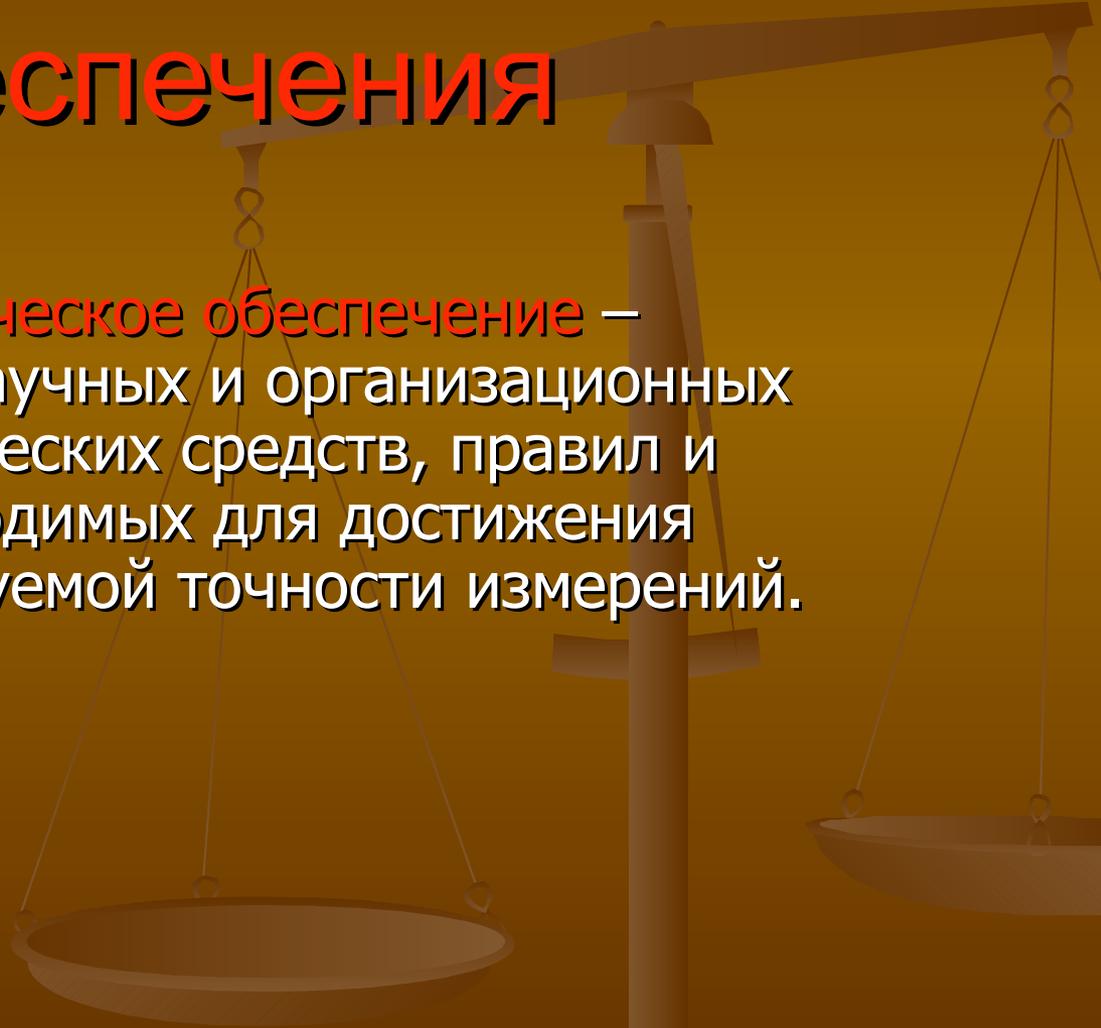


Точность геометрических параметров элементов деталей



- Точность размера.
- Точность формы поверхности.
- Точность относительного расположения элементов деталей.
- Точность по шероховатости поверхности.

Понятие метрологического обеспечения



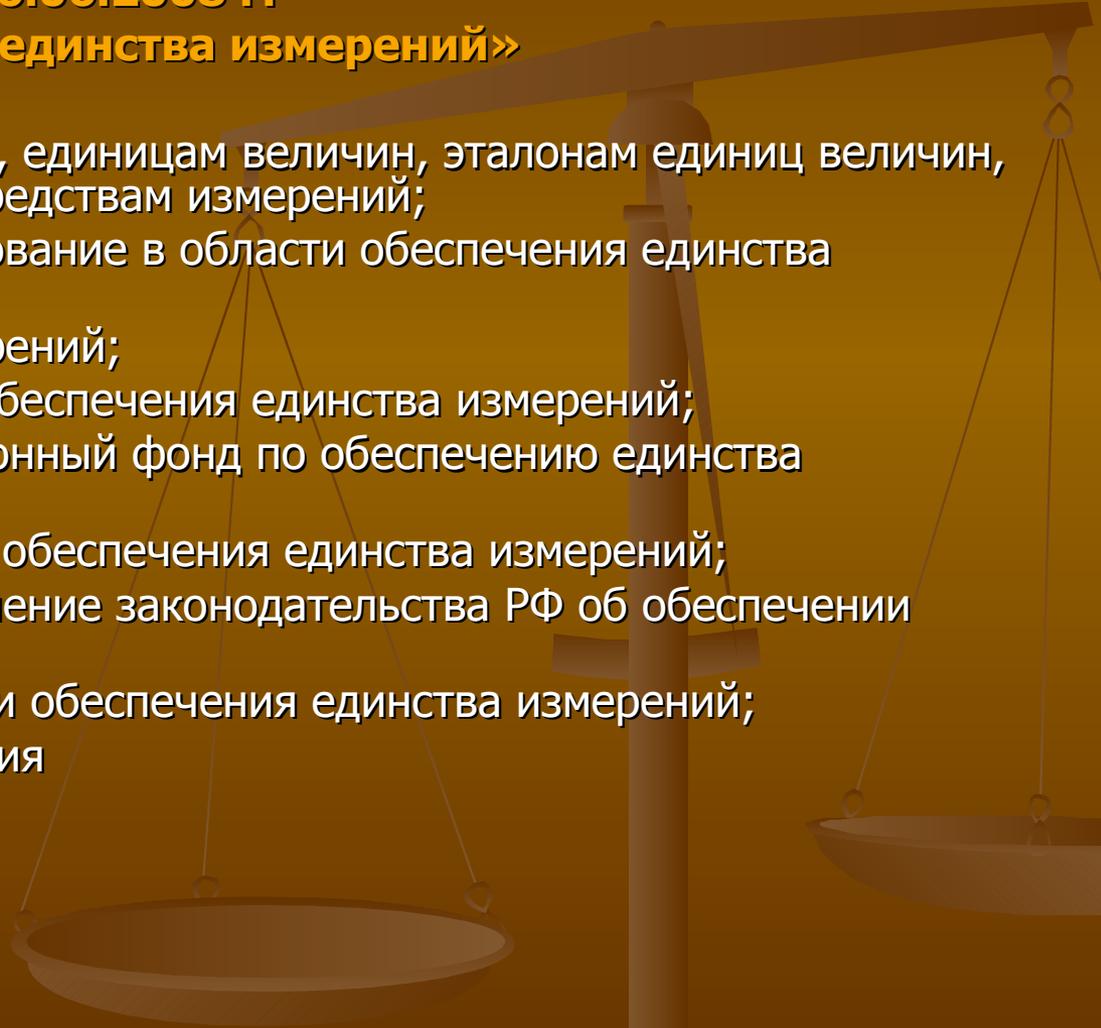
Метрологическое обеспечение –
установление научных и организационных
основ, технических средств, правил и
норм, необходимых для достижения
единства и требуемой точности измерений.

Понятие метрологического обеспечения

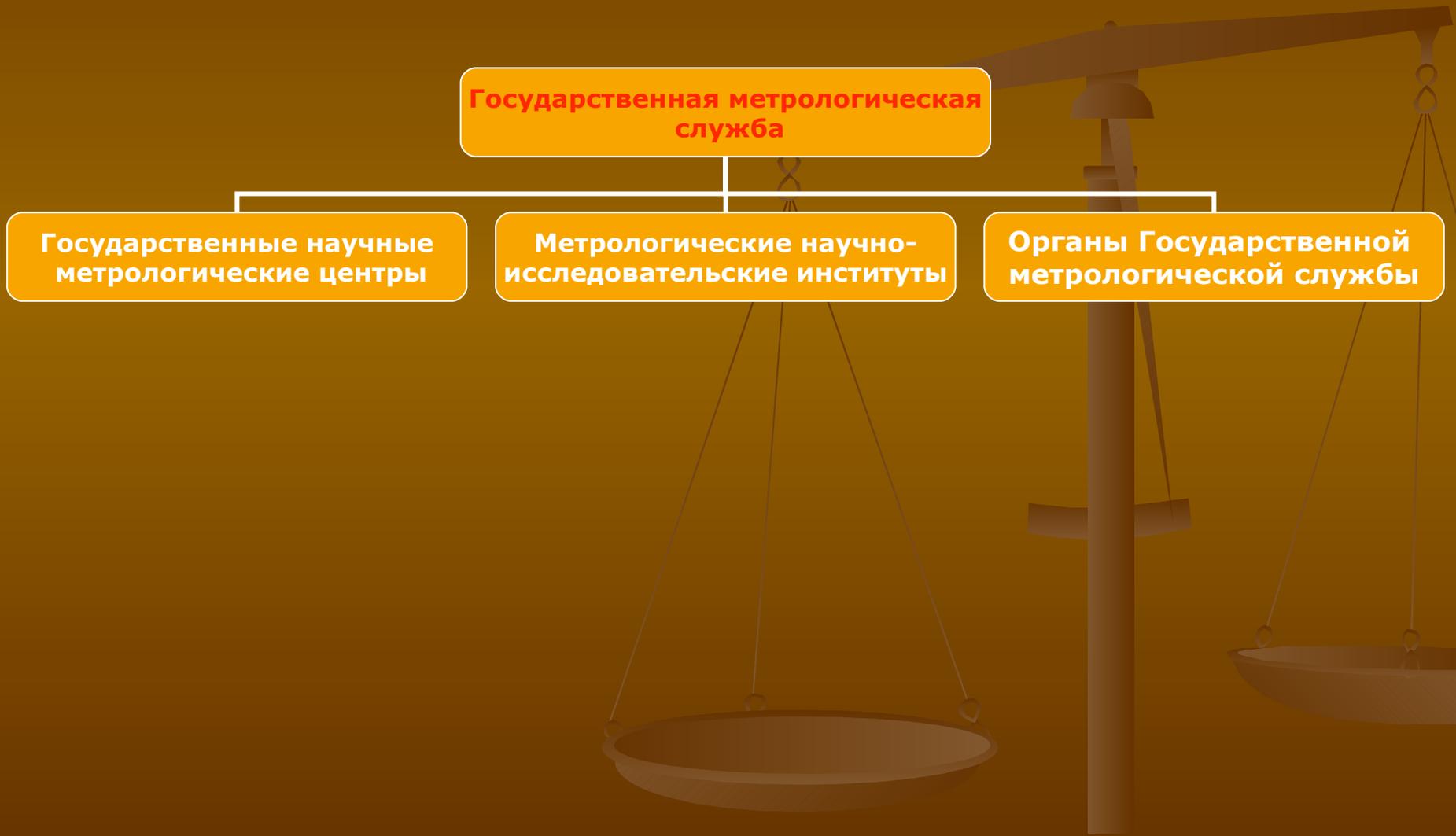


Правовые основы метрологического обеспечения в РФ

Федеральный закон РФ от 26.06.2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

1. Общие положения;
 2. Требования к измерениям, единицам величин, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений;
 3. Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений;
 4. Калибровка средств измерений;
 5. Аккредитация в области обеспечения единства измерений;
 6. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;
 7. Организационные основы обеспечения единства измерений;
 8. Ответственность за нарушение законодательства РФ об обеспечении единства измерений;
 9. Финансирование в области обеспечения единства измерений;
 10. Заключительные положения
- 

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии



Метрологический надзор и контроль

Метрологическая служба – совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечения единства измерений.

- **Утверждение** типа средства измерения
- **Поверка** средств измерения (в т.ч. эталонов)
- **Лицензирование** деятельности юридических и физических лиц на право изготовления, ремонта, продажи и проката средств измерения
- **Калибровка**(способ поверки) средств измерения.

Метрологический надзор и контроль

- Метрологический контроль и надзор – деятельность, осуществляемая органом государственной метрологической службы в целях проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

