

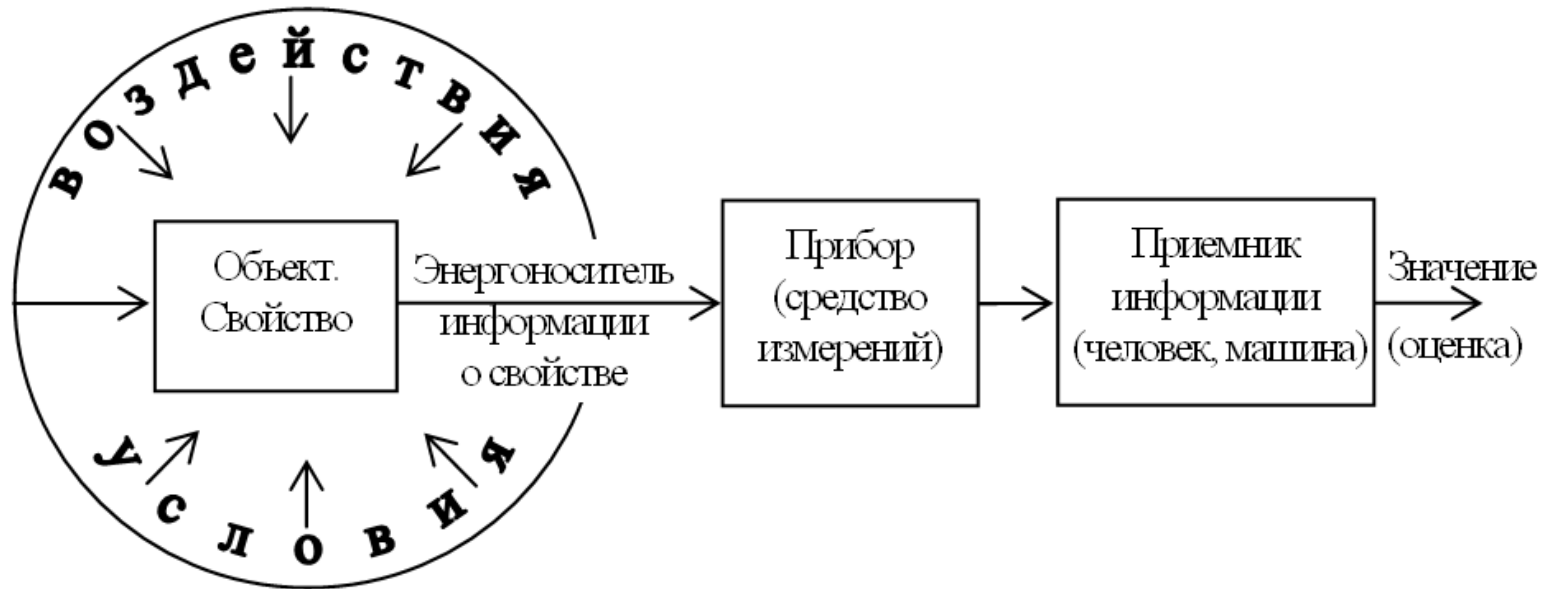
# Измерение как инструмент познания

---

- **Метрология** – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.
  
- **Измерение** – инструмент познания, познавательный процесс, цель которого состоит в определении характеристик материальных объектов с помощью измерительных приборов.

# Измерение как инструмент познания

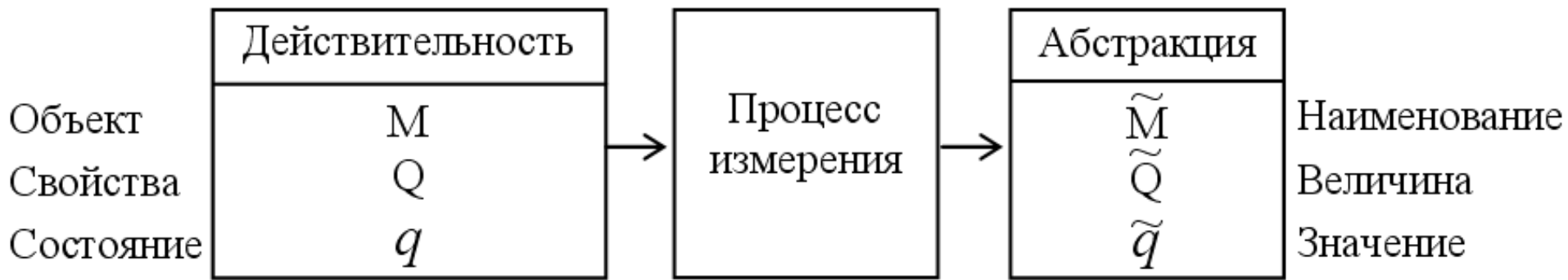
---



# Формально-логический принцип измерений

---

От действительности к абстракции через измерение



# Измерение как инструмент познания

---

- **Физическая величина** – одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.
- **Размер физической величины** – количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию «физическая величина».
- **Измерение физической величины** – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с её единицей и получение значения этой величины.
- **Значение физической величины** – оценка размера физической величины в виде некоторого числа принятых для неё единиц.
- **Единица физической величины** – физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице.

Основное уравнение измерений.  
Измерительные шкалы

# Основное уравнение измерений

---

$$Q = q[Q],$$

$Q$  – размер измеряемой физической величины,

$q$  – числовое значение физической величины,

$[Q]$  – единица физической величины.

Например, за единицу измерения напряжения электрического тока принят 1 В. Тогда значение напряжения электрической сети

$$U = q [U] = 220 [1 \text{ В}] = 220 \text{ В}.$$

# Измерительные шкалы

---

- Совокупность правил, позволяющих сопоставить системе объектов с их характеристиками  $\{q\}$  систему цифровых данных или систему чисел, называют **шкалой**.
- Типы шкал характеризуются наборами соотношений, т.е. эквивалентности и упорядочения.
- Различают следующие измерительные шкалы:
  - Шкалы наименований
  - Шкалы порядка
  - Шкалы интервалов
  - Шкалы отношений

# Шкалы наименований

---

- Для **шкaл наименований** устанавливаются соотношения эквивалентности.
- В шкалах наименований отсутствуют понятия нуля, «больше» или «меньше» и «единица измерения».
- Нумерация объектов по шкале наименований осуществляется по принципу: «не приписывай один и тот же класс разным объектам».
- Примеры: агент 007, город Москва, атлас цветовых оттенков.



# Шкалы порядка

---

---

- Для **шкал порядка** устанавливаются соотношения строгого упорядочения состояний и эквивалентности.
- Шкалы порядка представляют собой ранжированный ряд и являются неметрическими шкалами. Для шкал порядка не определены математические операции, только логические!
- Пример – Студенты после экзамена разбиваются на группы, получивших оценки 2, 3, 4 и 5.
- К шкалам порядка относятся шкала Мооса для твердости минералов, 12- бальная шкала Бофорта для силы морского ветра, международная сейсмическая шкала MSK-64.

# Шкала твердости Мооса (предложена в 1822 г.)

Балл	Твёрдость
0	Меньше твердости талька
1	Равна твердости талька или больше ее, но меньше твердости гипса
2	Равна твердости гипса или больше ее, но меньше твердости известкового шпата
3	Равна твердости известкового шпата или больше ее, но меньше твердости плавикового шпата
4	Равна твердости плавикового шпата или больше ее, но меньше твердости апатита
5	Равна твердости апатита или больше ее, но меньше твердости полевого шпата
6	Равна твердости полевого шпата или больше ее, но меньше твердости кварца
7	Равна твердости кварца или больше ее, но меньше твердости топаза
8	Равна твердости топаза или больше ее, но меньше твердости корунда
9	Равна твердости корунда или больше ее, но меньше твердости алмаза
10	Равна твердости алмаза

# Шкала Бофорта (принята в 1946 г.)

Сила ветра, балл	Название	Признаки
0	Штиль	Дым идет вертикально
1	Тихий	Дым идет слегка наклонно
2	Лёгкий	Ощущается лицом, шелестят листья
3	Слабый	Развеваются флаги
4	Умеренный	Поднимается пыль
5	Свежий	Вызывает волны на воде
6	Сильный	Свистит в вантах, гудят провода
7	Крепкий	На волнах образуется пена
8	Очень крепкий	Трудно идти против ветра
9	Шторм	Срывает черепицу
10	Сильный шторм	Вырывает деревья с корнем
11	Жестокий шторм	Большие разрушения
12	Ураган	Опустошительное действие

# Международная сейсмическая шкала MSK-64

Сила землетрясения, балл	Название	Признаки
1	Незаметное	Отмечается только сейсмическими приборами
2	Очень слабое	Ощущается отдельными людьми, находящимися в состоянии покоя
3	Слабое	Ощущается лишь небольшой частью населения
4	Умеренное	Распознаётся по мелкому дребезжанию и колебанию предметов, посуды и оконных стёкол, скрипу дверей и стен
5	Довольно сильное	Общее сотрясение зданий, колебаний мебели. Трещины в оконных стёклах и штукатурке
6	Сильное	Ощущается всеми. Картины падают со стен, откалываются куски штукатурки, лёгкое повреждение зданий
7	Очень сильное	Трещины в стенах каменных домов. Антисейсмические, а также деревянные постройки остаются невредимы

# Международная сейсмическая шкала MSK-64

Сила землетрясения, балл	Название	Признаки
8	Разрушительное	Трещины на крутых склонах и на сырой почве. Памятники сдвигаются с места. Дома сильно повреждаются
9	Опустошительное	Сильное повреждение и разрушение каменных домов
10	Уничтожающее	Крупные трещины в почве. Оползни и обвалы. Разрушение каменных построек, искривление железнодорожных рельсов
11	Катастрофа	Широкие трещины в земле. Многочисленные оползни и обвалы. Каменные дома совершенно разрушаются
12	Сильная катастрофа	Изменения в почве достигают огромных размеров. Многочисленные оползни, обвалы, трещины. Возникновение водопадов, подпруд на озёрах. Отклонение течения рек. Ни одно сооружение не выдерживает

# Шкалы интервалов

---

➤ Для **шкaл интервалов** устанавливаются соотношения эквивалентности, строгого упорядочения состояний и строгого упорядочения интервалов.

➤ Шкала интервалов состоит из одинаковых интервалов, имеет единицу измерения и произвольно выбранное начало – нулевую точку:

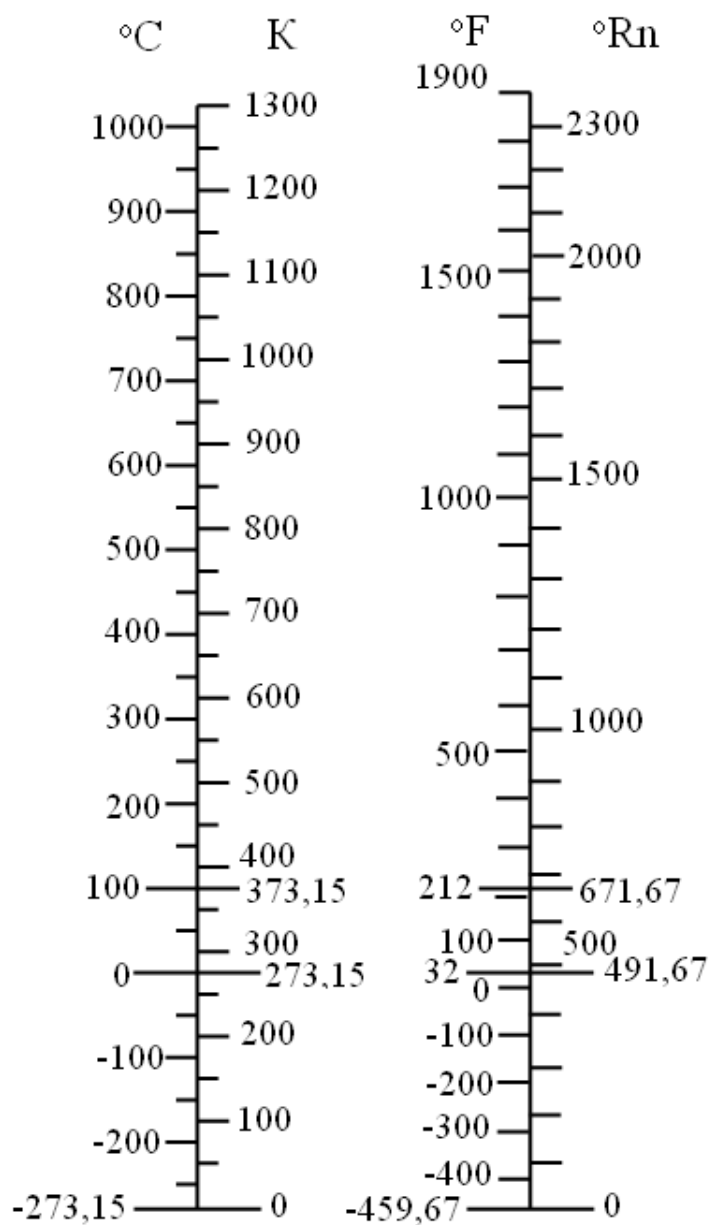
➤ Шкала интервалов  $Q$  метрическая шкала.  $Q = Q_0 + q[Q] \Rightarrow Q_1 - Q_2 = (q_1 - q_2)[Q]$

➤ Для шкал интервалов определены только аддитивные операции (сложение и вычитание), но не определены мультипликативные (умножение и деление).

➤ Примеры шкал интервалов:

- 1. Летоисчисление по различным календарям, в которых за начало отсчёта принято либо сотворение мира, либо рождество Христово и т.д.
- 2. Шкалы температур Цельсия, Фаренгейта и Реомюра.

# Шкалы температур



## Формулы связи

Шкал Цельсия и Кельвина

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$$

Шкал Цельсия и Фаренгейта

$$^{\circ}\text{C} = (100/180) \times (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$\text{или } ^{\circ}\text{C} = (5/9) \times (^{\circ}\text{F} - 32)$$

Шкал Цельсия и Реомюра

$$^{\circ}\text{C} = (100/80) \times ^{\circ}\text{R} = (5/4) \times ^{\circ}\text{R}$$

Шкал Кельвина и Ренкина

$$\text{K} = (5/9) \times ^{\circ}\text{Rn}$$

# Шкалы отношений

---

- Для **шкал отношений** устанавливаются соотношения эквивалентности, строгого упорядочения состояний, строгого упорядочения состояний интервалов между ними, строгого упорядочения состояний частных от деления.
- Шкала должна иметь не условный, а **естественный** нуль.
- Шкала отношений – метрическая шкала.
- Для шкал отношений определены как аддитивные (сложение и вычитание), так и мультипликативные (умножение и деление) операции.
- Примеры шкал отношений: шкала длины, массы, электрического напряжения и т.д.



# Единицы величин и размерности

# Принципы построения системы единиц величин

---

➤ Система физических величин – Совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимают за независимые (**основные** величины), а другие (**производные** величины) определяют как функции независимых величин.

# Принципы построения системы единиц величин

---

Взаимосвязи физических величин в системе отражаются с помощью такого важного понятия как **размерность** –  $\dim Q$  (от dimension). Размерность величины представляет собой выражение в форме степенного многочлена, раскрывающее **связь физической величины**  $Q$  с **основными** физическими величинами.

# Принципы построения системы единиц величин

---

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma$$

$\alpha, \beta, \gamma$  - показатели размерности.

$$\dim v = LT^{-1}$$

$$\dim F = LMT^{-2}$$

# ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин

Международная система единиц – SI (от франц. Systeme International d'Unitées) принята в октябре 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам.

## Основные единицы величин

Наименование величины	Единица измерений	Обозначение		Размерность
		международное	русское	
Длина	метр	m	м	$L$
Масса	килограмм	kg	кг	$M$
Время	секунда	s	с	$T$
Сила электрического тока	ампер	A	А	$I$
Термодинамическая температура	кельвин	K	К	$\Theta$
Количество вещества	моль	mol	моль	$N$
Сила света	кандела	kd	кд	$J$

# ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин

Образование **производных единиц величин**:

1. из **наименований и обозначений основных** единиц:

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\xi \Theta^\varepsilon N^\psi J^\eta$$

Наименование величины	Единица измерений	Обозначение		Размерность
		международное	русское	
Площадь	квадратный метр	m <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	L <sup>2</sup>
Объём	кубический метр	m <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	L <sup>3</sup>
Скорость	метр в секунду	m/s	м/с	LT <sup>-1</sup>
Плотность	кубический метр на килограмм	kg/m <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>	ML <sup>-3</sup>

# ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин

Образование **производных единиц величин**:

2. с использованием **специальных наименований и обозначений**:

Наименование величины	Единица измерения	Обозначение		Размерность
		международное	русское	
Частота	герц	Hz	Гц	$T^{-1}$
Сила	ньютон	N	Н	$LMT^{-2}$
Давление	паскаль	Pa	Па	$L^{-1}MT^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	джоуль	J	Дж	$L^2MT^{-2}$
Мощность	ватт	W	Вт	$L^2MT^{-3}$
Электрический заряд	кулон	C	Кл	$TI$

# ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин

Образование **производных единиц величин**:

3. из наименований и обозначений основных и специальных наименований и обозначений производных единиц:

Наименование величины	Единица измерений	Обозначение		Размерность
		международное	русское	
Момент силы	ньютон-метр	N·m	Н·м	$L^2M^{-2}T$
Теплоемкость	джоуль на кельвин	J/K	Дж/К	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}$
Напряжённость электрического поля	вольт на метр	V/m	В/м	$LMT^{-3}I^{-1}$
Яркость	кандела на квадратный метр	kd/m <sup>2</sup>	кд/м <sup>2</sup>	$L^{-2}J$



# ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин

Образование **производных единиц величин**:

4. с использованием

**кратных и дольных приставок и множителей**:

Десятичный множитель	Приставка	Обозначение		Десятичный множитель	Приставка	Обозначение	
		международное	русское			международное	русское
$10^{15}$	пета	P	П	$10^{-1}$	деци	d	д
$10^{12}$	тера	T	Т	$10^{-2}$	санتي	c	с
$10^9$	гига	G	Г	$10^{-3}$	милли	m	м
$10^6$	мега	M	М	$10^{-6}$	микро	$\mu$	мк
$10^3$	кило	k	к	$10^{-9}$	нано	n	н
$10^2$	гекто	h	г	$10^{-12}$	пико	p	п
$10^1$	дека	da	да	$10^{-15}$	фемто	f	ф

# ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин

Из правил написания **единиц величин**:

Правило	Правильно	Неправильно
Между последней цифрой числа и обозначением единицы оставляют пробел  <b>Исключения</b> составляют обозначения <b>в виде знака, поднятого над строкой</b> , перед которым пробел не оставляют	100 кВт 20 °С 80 %  30°	100кВт 20°С 80%  30 °
При наличии десятичной дроби в числовом значении обозначение помещают за всеми цифрами	423,06 м	423 м, 06
Числовые значения с предельными отклонениями заключают в скобки, а обозначения единиц помещают за скобками	(100,0 ± 0,1) кг	100,0 ± 0,1 кг