

# ISS0050 Mõõtmine - Основные понятия измерительной техники

Kristina Vassiljeva

11 сентября 2014 г.

# Рассматриваемые вопросы

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

---

Величины

---

Единицы измерения

---

Системы единиц измерения

---

1. Термины, единицы измерения, сокращения, обозначения
  - так как это используется во всем мире;
  - корректное использование.
2. Эталоны - средство измерений, обеспечивающее хранение или воспроизведение единицы физической величины с целью передачи ее размера другим СИ.
  - история, текущая ситуация;
  - немного больше знаний, чем нужно в повседневной жизни: инженер (зачем?) ↔ техник (как?).
3. Оценка точности измерения
  - отклонение, погрешность, неопределенность измерения, ...
4. Пределы точности измерений
  - температурные шумы.

- Рассматриваемые вопросы

### Свойства

---

- Сравнение свойств
- Принадлежность множеству
- Упорядоченная шкала
- Числовые характеристики

### Величины

---

Единицы измерения

---

Системы единиц измерения

---

# Свойства

# Сравнение свойств

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

- **Сравнение свойств**

- Принадлежность множеству
- Упорядоченная шкала
- Числовые характеристики

## Величины

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

*Объекты/objectid/objects* (изделия, процессы, предметы, личности, машины).

Объекты описываются *свойствами/objectused/properties*.

Свойство - это признак, по которому можно отличить КОГО-ТО/ЧТО-ТО

- описывает отношение между объектами;
- создает структуру объектов.

Как можно описать свойства? Для этого есть 3 шкалы:

1. принадлежность множеству;
2. последовательность;
3. значение.

# Принадлежность множеству

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

- Сравнение свойств

- **Принадлежность множеству**

- Упорядоченная шкала
- Числовые характеристики

## Величины

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

Делит объекты на классы (классифицирует).

Проверяем объект на принадлежность классу.

Классы между собой не сравниваем (не сортируем), т.н. "номинальная шкала"

Пример:

свойство "ОКРАС" - дискретное неупорядоченное множество

Первоначально в Windows было 16 цветов;  
окрас волос: блондин, брюнет, рыжий, шотен.

Пример:

книги в библиотеке

медицина, бизнес, история, словари, компьютерная литература.

Проблема: некоторые объекты одновременно принадлежат нескольким классам

медицинские словари, история компьютерной техники,...

# Упорядоченная шкала

Последовательность по величине свойства

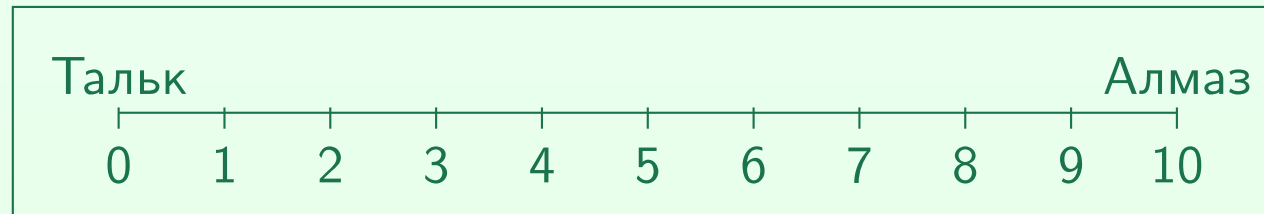
баллы, пункты, оценки, ...

- Условная шкала, не важно наличие нулевой отметки, отсутствует единица измерения.
- Понятие пропорциональности отсутствует (не аддитивная)

глупый вопрос: во сколько раз один больше другого.

Пример:

твёрдость минералов, 10 опорных пунктов



сила в баллах: землетрясение, буря, ветер;  
октановое числа бензина;  
оценки студентов, спорт, социология.

Используют понятие *величина/suurus/quantity*

● Рассматриваемые вопросы

Свойства

● Сравнение свойств

● Принадлежность множеству

● Упорядоченная шкала

● Числовые характеристики

Величины

Единицы измерения

Системы единиц измерения

# Числовые характеристики

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

- Сравнение свойств
- Принадлежность множеству
- Упорядоченная шкала
- Числовые характеристики

## Величины

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

Свойство характеризуют числовым значением → измерение

- есть единица измерения - стандартный объект со значением 1;
- можно определить расстояние - метрику;
- используется понятие *значение/väärtus/value*.

Многомерные - свойства описывают при помощи нескольких величин

импеданс ( $\sin U/I$ ), векторы в трехмерном пр-ве, кровяное давление (верхнее, нижнее).

Используется понятие “состояние”.

Объект описывают при помощи модели объекта (набора свойств).

Используют: сортировку, диагностику, распознавание.

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

---

**Величины**

---

- Величины
- Система величин
- Свойства
- Размерность

Единицы измерения

---

Системы единиц измерения

---

# Величины

# Величины

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

- **Величины**
- Система величин
- Свойства
- Размерность

Единицы измерения

Системы единиц измерения

*Величина/suurus/quantity* - это свойство, которое можно

- выделить из других свойств;
- количественно обозначить среди множества подобных свойств.

величина	объекты (тела, явления, вещества)				
	iPad	дом	дождь	мороженое	...
длина	0.240 m	120 m	-	-	-
сила	-	-	-	-	-
масса	469 g	80 t	120 t	100 g	-
энергия	32.4 W/h	-	-	-	-
цена	579 euro	200k euro	-	1 euro	-
...					

Величина является общей для многих объектов, но индивидуальна для каждого конкретного объекта.

# Система величин

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

- Величины
- Система величин
- Свойства
- Размерность

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

Система величин - совокупность величин, связанных между собой, где

- основные физические величины выбирают свободно;
- производные величины образуются из основных.

Основные величины /base q./ põhisuurused независимые	Производные величины /derived q./ tuletatud suurused образованы из основных
длина $L$ масса $M$ время $T$ сила тока $I$ температура $\Theta$ количество вещества $N$ сила света $J$	$v = dl/dt$ - скорость $F = m \cdot a$ - сила $E = m \cdot v^2/2$ - энергия ...

Общее обозначение основных величин:  $LMTI\Theta NJ$ .

# Свойства

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

- Величины
- Система величин
- **Свойства**
- Размерность

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

## Счетные (+ целочисленные)

число объектов в некоторой реализации.

## Аддитивные (слагаемые величины)

- можно делить на части, измерять частями, суммировать;
- $\sum m = m_1 + m_2 + m_3$  (длина, масса, энергия, затраты);
- Есть значение 0 (отсутствие свойства) и единица измерения 1.

## Неаддитивные

физические величины, для которых суммирование, умножение на числовой коэффициент не имеет физического смысла  
значение 0 прямо по соглашению (время, температура).

# Размерность

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

- Величины
- Система величин
- Свойства
- **Размерность**

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

*Размерность/suuruse dimensioo/dimension* - выражает связь величины с основными величинами

$$\dim X = L^a \cdot M^b \cdot T^c \cdot \dots$$

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

скорость

$$\dim E = ML^2T^{-2}$$

энергия

$$\dim A = ML^2T^{-2}$$

работа (некоторые величины имеют одинаковую dim)

$$\dim K = 1$$

безразмерна

Размерность величины зависит от системы, у одной и той же величины в разных системах могут быть разные размерности.

Размерность количественно характеризует величину. И позволяет анализировать взаимосвязи различных величин.

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

---

Величины

---

**Единицы измерения**

---

- Единицы измерения
- Виды ЕИ
- Относительные ЕИ
- Логарифмическая шкала
- Логарифмические единицы
- Примеры

Системы единиц измерения

---

# Единицы измерения

# Единицы измерения

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

## Единицы измерения

- **Единицы измерения**

- Виды ЕИ
- Относительные ЕИ
- Логарифмическая шкала
- Логарифмические единицы
- Примеры

## Системы единиц измерения

**Единица измерения /ühik/unit** - физическая величина, которой по определению присваивается числовое значение, равное единице.

## История основных единиц измерения

- естественные единицы величин (день, год, месяц);
- единицы измерения, связанные с размерами и деятельностью человека (ярд, фут, дюйм);
- Международные договоры  
1881 г. в Париже - метрическая десятичная система.

## Требования к основным единицам измерения

- Возможность реализации, сохраняемость, точность, перевод единиц измерения;
- Сохранность (неразрушаемость) эталонов;
- Приемственность используемых на практике величин  
наименование: kg, m, A, V останется такой же, но значение может меняться с новым определением:  
в 1990 году  $1 \Omega$  изменился на  $-1,6 \cdot 10^{-6}$ .

# Виды ЕИ

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

---

Величины

---

Единицы измерения

---

- Единицы измерения
- **Виды ЕИ**
- Относительные ЕИ
- Логарифмическая шкала
- Логарифмические единицы
- Примеры

Системы единиц измерения

---

**Относительные единицы измерения** - %, ppm, dB, октава, декада, ...

Измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы

усиление, концентрация, затухание, отражение, эффективность, число Маха.

**Приведенная (относительная величина)**  
отношение  $X/X_0$  [безразмерная].

**Логарифмическая шкала** (из приведенных)  
 $X(B) = \log(X/X_0)$  [B]-Bell.

**Дольные единицы**  
меньшие единицы.

**Кратные единицы**  
бóльшие единицы.

# Относительные ЕИ

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

## Единицы измерения

- Единицы измерения
- Виды ЕИ
- **Относительные ЕИ**
- Логарифмическая шкала
- Логарифмические единицы
- Примеры

## Системы единиц измерения

Отношение  $X/X_0$  безмерная величина



$$\text{или } X\% = \frac{X}{X_0} \cdot 100$$

%, ppm, dB, октава, декада, ...

# Логарифмическая шкала

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

Единицы измерения

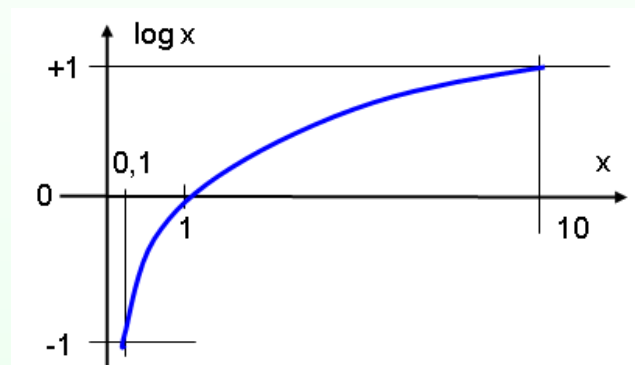
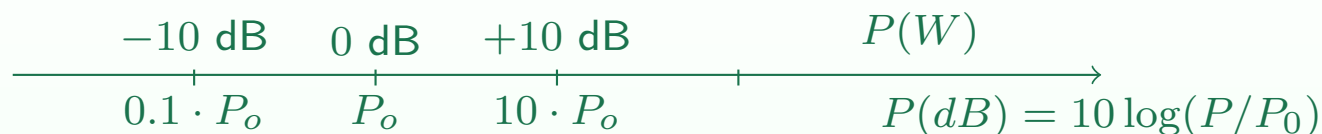
- Единицы измерения
- Виды ЕИ
- Относительные ЕИ

● Логарифмическая шкала

- Логарифмические единицы

- Примеры

Системы единиц измерения



Величина  $(dB) = 10 \log(\frac{P_1}{P_0})$

Изначально

$dB$  использовался для оценки отношения мощностей, в каноническом смысле величина, выраженная в  $dB$ , предполагает логарифм

отношения двух мощностей.

А что делать, если это другие величины?

$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 R, \text{ следовательно } \frac{P_1}{P_0} = \frac{U_1^2 R_0}{R_1 U_0^2}$$

В частном случае, если  $R_0 = R_1$

$$\text{величина } (dB) = 10 \log(\frac{P_1}{P_0}) = 10 \log(\frac{U_1}{U_0})^2 = 20 \log \frac{U_1}{U_0}$$

# Логарифмические единицы

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

Единицы измерения

- Единицы измерения
- Виды ЕИ
- Относительные ЕИ
- Логарифмическая шкала
- Логарифмические единицы
- Примеры

Системы единиц измерения

Переход от dB к “разам”

$$\frac{P_1}{P_0} = \sqrt[10]{10^{dB}} = 10^{\frac{dB}{10}}$$

$$\frac{U_1}{U_0} = \sqrt[20]{10^{dB}} = 10^{\frac{dB}{20}}$$

K(dB)	$P/P_0$	$U/U_0$
0 dB	1	1
+10 dB	10	$\sim 3$
+20 dB	100	10
-3 dB	$\frac{1}{2}$	$1/\sqrt{2}$
+6 dB	4	2
0.1 dB	$\sim 2\%$	$\sim 1\%$

Рассмотрим примеры...

# Примеры

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

---

Величины

---

Единицы измерения

---

- Единицы измерения
- Виды ЕИ
- Относительные ЕИ
- Логарифмическая шкала
- Логарифмические единицы

- **Примеры**

Системы единиц измерения

---

1. Затухание в оптическом кабеле составляет  $0.2 \text{ dB/km}$ . Каково отношение входного и выходного сигнала, если длина кабеля  $7 \text{ km}$ ?
2. На генераторе есть кнопка  $+6 \text{ dB}$ . Как сильно меняются мощность и напряжение сигнала на выходе?
3. Генератор сигнала и кабель соединяются делителем  $-20 \text{ dB}$ , как сильно изменяется значение сигнала в кабеле?

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

---

Величины

---

Единицы измерения

---

**Системы единиц измерения**

---

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

# Системы единиц измерения

# Системы ЕИ

## *Ühikute süsteemid / System of units.*

Метрические системы, традиционные системы мер.

В настоящее время используемые системы мер SI и British Engineering System.

длина	foot(ft)	=12"=0.3045 m
масса	pound(lb)	= 16 ounce(oz) = 0.453592 kg
температура	$F^{\circ}$	$T^{\circ} = (t[F^{\circ}] - 32) \cdot 5/9$
тепловая энергия	Btu	1 kWh = 3213 Btu
давление	psi	=6.9 kPa
расход	GPM SCFM	gallons per minute standard cubic feet per minute
объем	gallon, barrel, pint	

Ограниченного использования:

узел = 1.852 km/h(1 морская миля = 1' угол на поверхности земли);

mmHg = 133 Pa, diopter, гектар, карат, ...

- Рассматриваемые вопросы

### Свойства

### Величины

### Единицы измерения

### Системы единиц измерения

#### ● Системы ЕИ

- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

# Converters

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

Единицы измерения

Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- **Converters**
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

Перевод из одной системы в другую / teisendused / unit converter.

NB! Необходимо очень внимательно работать с разными системами!

Известные несчастные случаи и аварии:

- 1999 г. NASA Mars Climate Orbiter, разные программы использовали разные единицы измерения силы.
- 1999 г. Korea Air высота самолета в метрах или футах.
- 1983 г. Air Canada, Boeing 767, объем горючего в литрах или галлонах.

<http://www.onlineconversion.com/>;

<http://www.digitaldutch.com/unitconverter/>;

<http://www.metrosert.ee/?pid=81>.

ТЕСТ: перевод из одних единиц в другие.

# SI

SI - международная система единиц (эталоны + акты).  
Соглашение, которое связывает между собой физические величины и дает практические советы для реализации эталонов.

*Основные единицы/ põhiühikud / base units*  
физических величин:

длина	m	-определение
масса	kg	-наименование
время	s	-обозначение
сила тока	A	
температура	K	
сила света	cd	
кол-во вещества	mol	

Обязательное использование в Эстонской республике в экономической деятельности, при обучении и управлении.

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

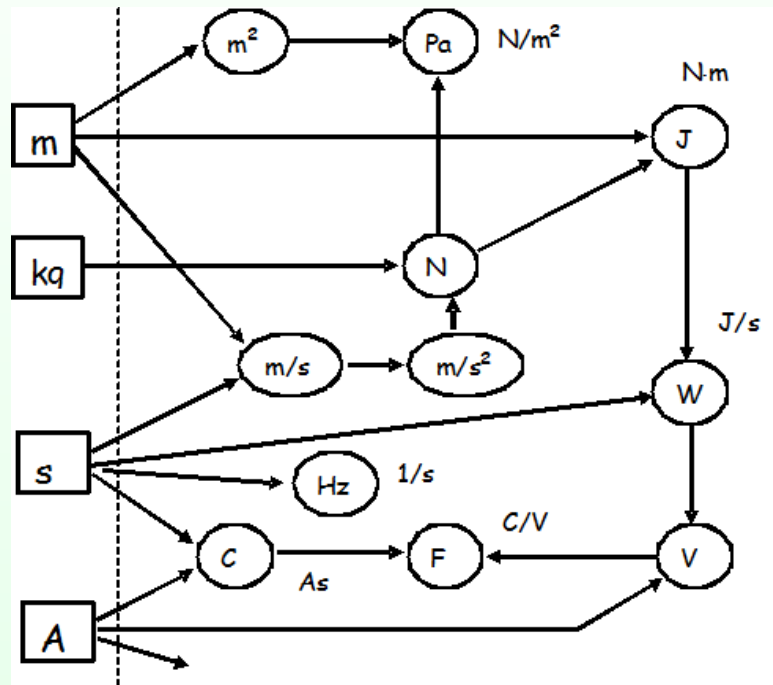
Единицы измерения

Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- **SI**
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

# Производные

Производные единицы / *tuletatud ühikud* / *derived units* физических величин:



Момент силы:  $N \cdot m \neq J$ ,  
Угловая скорость:  $1/s \neq Hz$

Существуют единицы измерения как с разными наименованиями и обозначениям, так и с разными наименованиями, но одной размерности

● Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

Единицы измерения

Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- **Производные**
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

Единицы измерения

Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- **Постоянные**
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

## Постоянные

В физических выражениях, которые связывают между собой величины, используются константы:

постоянная Планка	$h = 6,62606876(52) \cdot 10^{-34}$	$J \cdot s$
гравитационная постоянная	$G = 6,67384(80) \cdot 10^{-11}$	$m^3 kg^{-1} s^{-2}$
постоянная тонкой структуры	$\alpha = \frac{1}{137,03588876(50)}$	
эффект Джозефсона	$K_j = 2e/h$	
фон Клитцинг	$R_k = h/e^2$	целочисленный квантовый эффект Холла
масса электрона	$m_e = 9,10938188(77) \cdot 10^{-31}$	kg

Все они выведены на основе экспериментальных данных

<http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>.

# SI and constants

- Рассматриваемые вопросы

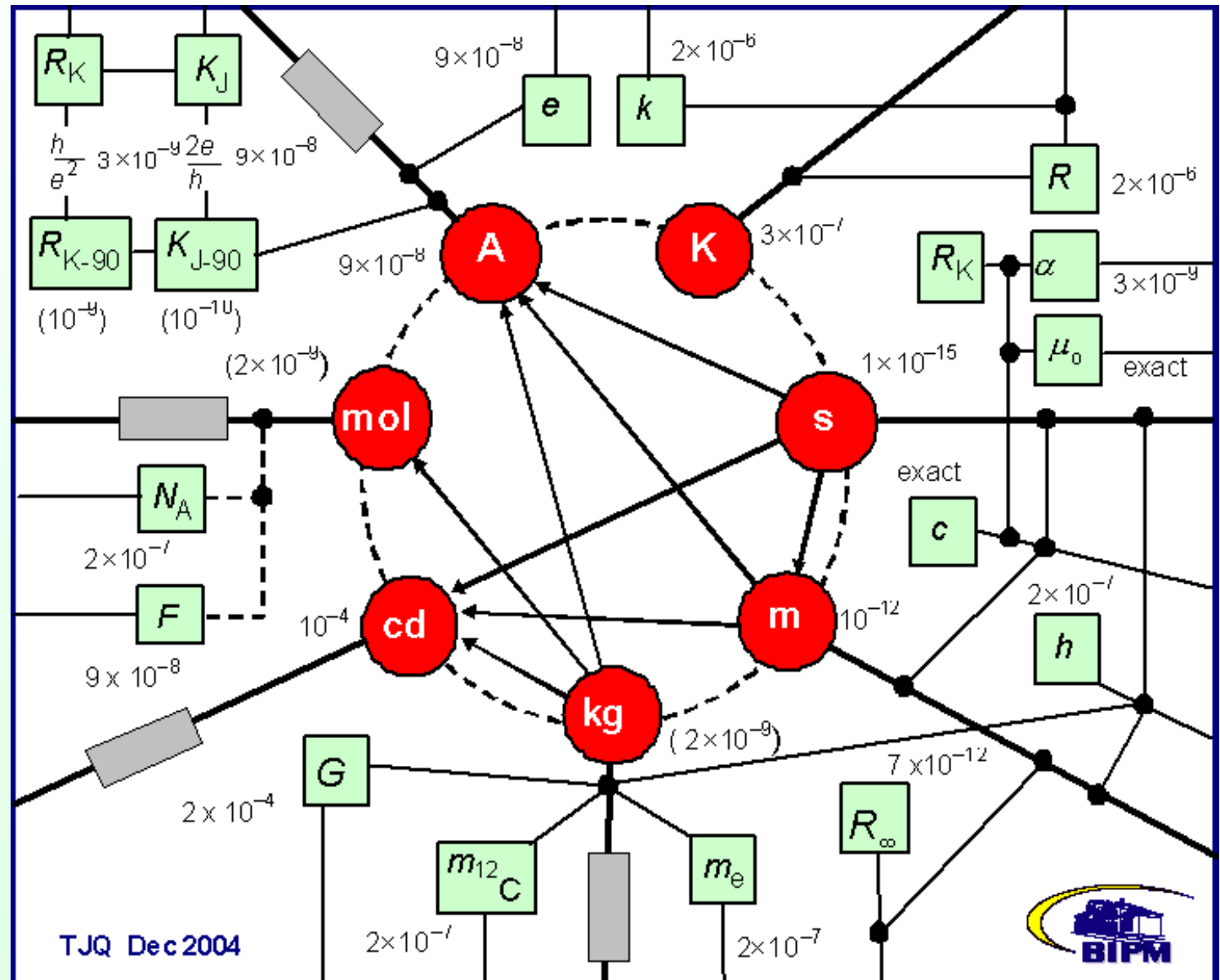
Свойства

Величины

Единицы измерения

Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме



TJQ Dec 2004



# Кратные и дольные единицы

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- **Кратные и дольные единицы**
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

прист.	откуда	обозн.	мн.
jotta	Итал.: восемь $10^3$ порядка	Y	$10^{24}$
zetta	Итал.: семь $10^3$ порядка	Z	$10^{21}$
eksa	Греч.: шесть $10^3$ порядка	E	$10^{18}$
peta	Греч.: пять $10^3$ порядка	P	$10^{15}$
tera	Греч.: сверхъестественно большой	T	$10^{12}$
giga	Греч.: невероятно большой	G	$10^9$
mega	Греч.: большой	M	$10^6$
kilo	Греч.: тысяча	k	$10^3$
hekto	Греч.: сто	h	$10^2$
deka	Греч.:десять	da	10
detsi	Лат.:десять	d	$10^{-1}$
senti	лат: сто	c	$10^{-2}$
milli	Лат.:тысяча	m	$10^{-3}$
mikro	Греч.: маленький	$\mu$	$10^{-6}$
nano	Лат.: лилипут	n	$10^{-9}$
piko	Итал.: маленький	p	$10^{-12}$
femto	датский: пятнадцать	f	$10^{-15}$
atto	датский: восемнадцать	a	$10^{-18}$
zepto	Лат.: семь $10^{-3}$ порядка	z	$10^{-21}$
jokto	лат: восемь $10^{-3}$ порядка	y	$10^{-24}$

# Разноименные

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

Единицы измерения

Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- **Разноименные**
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

ТЕСТ: дольные и кратные единицы - перевод из одних в другие.

Разноименные недесятичные кратные и дольные единицы

угол    полный оборот =  $2 \cdot \pi \text{ rad}$     безразмерный  
градус, минута, секунда;

время    минута, час, сутки, год - связаны с секундой.

Разноименные и дольные

объем - литр	l, L	$1/1000 \text{ m}^3$
масса - тонна	t	1000 kg
давление - бар	bar	0,1 Мпа
электроэнергия	$W \cdot s$	$1 \text{ J} \rightarrow \text{kW} \cdot \text{h}$

# Правила написания

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

Величины

Единицы измерения

Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- **Правила написания**
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

<http://www.metroserf.ee> постановление правительства о написании:

**Наименование единицы:** с маленькой буквы, множественное число отсутствует.

**Обозначение единицы:** в конце нет точки (не сокращение).

Отделяется от числа пробелом **100 V**.

Одна приставка  $mm^2 \equiv (m)^2$ .

В некоторых областях техники используются единицы измерения с конкретными приставками: mm

Текст, наименование единиц и обозначения должны быть написаны отдельно.

# Путаница

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- **Путаница**
- О достаточности
- Резюме

Не путать объекты и названия их свойств

- Резистор – сопротивление
- Конденсатор – емкость
- Катушка – индуктивность
- Поверхность – площадь
- Тело – масса

# О достаточности

- Рассматриваемые вопросы

## Свойства

## Величины

## Единицы измерения

## Системы единиц измерения

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- **О достаточности**
- Резюме

Описание мира. Достаточно ли существующих приставок? измерения (m)

$10^{26}$  наблюдаемая Вселенная;

$10^{21}$  наша Галактика (световой год  $\simeq 10^{16}$  m);

$10^{13}$  солнечная система;

$10^7$  Земля;

1 человек;

$10^{-2}$  насекомые;

$10^{-10}$  атомы;

$10^{-15}$  ядро атома;

$10^{-18}$  наименьшее измеряемое расстояние.

# Резюме

- Рассматриваемые вопросы

Свойства

---

Величины

---

Единицы измерения

---

Системы единиц измерения

---

- Системы ЕИ
- Converters
- SI
- Производные
- Постоянные
- SI and constants
- Кратные и дольные единицы
- Разноименные
- Правила написания
- Путаница
- О достаточности
- Резюме

- Объекты и свойства.
- В Эстонской Республике в научной и учебной деятельности используют систему СИ. Используй единицы точно и корректно!
- 2 Теста.

На следующей лекции рассмотрим эталоны.