



## 2. Merski sistemi

To je celota, ki jo sestavljajo:

- **sistemi veličin,**
- **sistemi merskih enot in etalonov.**

Poznamo merske sisteme:

- mehanike (CentimeterGramSekunda; MKS),
- elektromagnetike (1901 G. Giorgi predlaga:
  - MeterKilogramSekundaAmper),
- optike (MKS Kandela),
- toplote (MKS Kelvin) itn.
- Mednarodni sistem enot (**S**ysteme **I**nternational d'Unites)





## *2.1 Veličine in njihova medsebojna povezanost*

Veličine so **merljive lastnosti** pojavov, procesov in stanj.

Primer:

dolžina palice

višina sobe

dolžina elektromagnetnega sevanja

↑ ↑

**merljive lastnosti objekti**

Veličino lahko opredelimo po **kvaliteti** in **kvantiteti**.

- zgoraj omenjene spadajo v isto vrsto – dolžino
- po kvaliteti: palica ima maso, gostoto, temperaturo, ...





Neko **področje fizike** pozna **osnovne veličine** in **ostale izpeljane veličine**.

- Primer za **geometrijo**:
  - **osnovna veličina: dolžina,**
  - **ostale izpeljane veličine:**
    - ploščina:  $A = a \cdot b$
    - prostornina:  $V = a \cdot b \cdot c$
    - obseg:  $O = 2(a + b)$

Vsaka na novo definirana veličina poveča število enačb za eno.

- Na področju **geometrije** je **število enačb za eno manjše** kot je **število vseh veličin**.





Področje **kinematike** doda novo osnovno veličino: **čas**

$v = \frac{l}{t}$  - **izmed dveh** novih veličin (hitrost in čas) je bil

izbran čas. Hitrost je izpeljana veličina!

V **mehaniki** je vpeljana **tretja osnovna veličina**: po dogovoru **masa**:

$$F = ma$$

- Sila, vztrajnostni moment, gostota, tlak,.. so izpeljane veličine

V **elektromagnetiki** se doda **električni tok**, kot četrta osnovna veličina.

$$F = lIB$$





Vseh osnovnih veličin **za celotno fiziko**, ki se po dogovoru štejejo za neodvisne je **sedem**. K osnovnim štirim še:

- termodinamična temperatura,
- svetilnost,
- množina snovi.

Veličine lahko delimo še na:

- **intenzivne** (posamezni deli **niso** različni od celote),
- **ekstenzivne** (posamezni deli **so** različni od celote).





# Temeljna enačba metrologije

$$G = \{G\} [G]$$

**veličina = številka vrednost(mersko število) enota**

$G$  – veličina

$\{G\}$  - številka vrednost

$[G]$  - enota za veličino  $G$

- za enoto lahko izberemo različne konkretne vrednosti:

$$l = 1,524 \text{ m} = 1524 \text{ mm} = 60 \text{ in} = 5 \text{ ft} = \dots$$

- **zmnožek je vedno enak ne glede na izbrano enoto – vrednost veličine je invariantna, neodvisna od enote!**





Med številsko vrednostjo enoto **ne vstavljamo znaka** za množenje:

- primeri napačnih zapisov:

$$l = 1,524.m, l = 1,524 \times m, l = 1,524[m], l = 1,524(m)$$





# *Veličinska in številska enačba*

## **Veličinske enačbe**

- črkovni simboli predstavljajo veličine
  - primer Ohmov zakon:

$$U = IR \quad U, I, R - \text{veličine}$$

- v enačbah lahko nastopajo **matematično fizikalni faktorji**
  - primer ploščina krogle:

$$A = 4\pi r^2 \quad A, r - \text{veličini}; \quad 4\pi - \text{mat. fiz. faktor}$$

- Primerne so za **analizo problemov** – govorijo o **povezanosti veličin.**







Primer:

Če želimo ugotoviti velikost padca napetosti na uporu, vstavimo namesto znaka za veličino zmnožek:

$$I = 25 \text{ mA}$$

$$R = 100 \Omega \quad \Rightarrow$$

$$U = IR = 25 \text{ mA} \cdot 100 \Omega = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ A} \cdot 100 \Omega = 2,5 \text{ V}$$





## Številске enačbe

- črkovni **simboli** predstavljajo **številске vrednosti**.
- številске vrednosti so **odvisne od enot!**

Izhodiščna veličinska enačba:

$$G = f A^{\alpha} B^{\beta} C^{\gamma}$$

- $G, A, B, C$  - veličine,
- $\alpha, \beta, \gamma$  - celoštevilčni eksponenti,
- $f$  - matematično fizikalni faktor.

preuredimo:  $\{G\}[G] = f \{A\}^{\alpha} [A]^{\alpha} \{B\}^{\beta} [B]^{\beta} \{C\}^{\gamma} [C]^{\gamma}$

in:  $\{G\} = f \{A\}^{\alpha} \{B\}^{\beta} \{C\}^{\gamma} \frac{[A]^{\alpha} [B]^{\beta} [C]^{\gamma}}{[G]}$





ulomek  $\frac{[A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma}{[G]}$  **odvisen od izbranih enot!**

- če je ulomek **1**, je **številka ena** enaka **veličinski**.

Primer ( $[U] = \text{V}$ ,  $[I] = \text{mA}$ ,  $[R] = \Omega$ ):

$$U = IR \Rightarrow \{U\}[U] = \{I\}[I]\{R\}[R], \quad \{U\} = \{I\}\{R\} \frac{[I][R]}{[U]}$$

$$\frac{[I][R]}{[U]} = \frac{\text{mA}\Omega}{\text{V}} = 10^{-3}$$

$$\{U\} = 10^{-3} \{I\}\{R\} \quad \{U\} = 10^{-3} \cdot 25 \cdot 100 = 2,5$$

Ponavadi se zaviti oklepaji izpustijo ( $U = 10^{-3} IR$ ). **Vedno je potrebno pojasnilo o uporabljenih enotah!**

Napačna uporaba:  $U = 10^{-3} IR = 10^{-3} \cdot 25 \text{ mA} \cdot 100 \Omega = 0,0025 \text{ V}$





## Prikrojene veličinske enačbe:

**Veličine in izbrane enote v obliki ulomkov:**

$$U = IR \quad \Rightarrow \quad U \frac{\text{V}}{\text{V}} = I \frac{\text{mA}}{\text{mA}} R \frac{\Omega}{\Omega}$$

$$U/\text{V} = I/\text{mA} \cdot R/\Omega \frac{\text{mA} \cdot \Omega}{\text{V}}$$

končna oblika:  $U/\text{V} = 10^{-3} I/\text{mA} \cdot R/\Omega$

$U/\text{V}$ ,  $I/\text{mA}$ ,  $R/\Omega$  - eksplicitno izražene številske vrednosti

$$U/\text{V} = 10^{-3} 25 \text{mA}/\text{mA} \cdot 100 \Omega/\Omega = 2,5 \quad \Rightarrow \quad U = 2,5 \text{V}$$





## 2.2 Mednarodni sistem enot (SI)

Osnovne veličine imajo **osnovne enote**,  
izpeljane veličine pa **izpeljane enote**,

Če so veličinske enačbe nekega sistema enake številskim enačbam imamo **koherenten sistem enot**.

- Uveljavil se je **Mednarodni sistem enot (1971)**.
- Poznamo še:
  - US Customary System,
  - UK System,
    - enota dolžine **yard**, USgalona  $\neq$  UKgalona
    - enota mase **pound**.  $3,78l \neq 4,55l$





## *Osnovne in izpeljane enote SI*

Tabela 2.1 Osnovne veličine in enote

	osnovne veličine		osnovne enote SI	
	ime	znak	ime	znak
1.	dolžina	$l, L$	meter	m
2.	masa	$m$	kilogram	kg
3.	čas	$t$	sekunda	s
4.	električni tok	$I$	amper	A
5.	termodinamična temperatura	$T$	kelvin	K
6.	svetilnost	$I, (I_v)$	kandela	cd
7.	množina (snovi)	$n$	mol	mol





## Definicije osnovnih enot SI:

### 1. Dolžina:

**Meter** je dolžina poti, ki jo v vakuumu napravi svetloba v  $1/299\,792\,458$  sekunde (1983).

### 2. Masa:

**Kilogram** je masa mednarodnega etalona kilograma (1901).

### 3. Čas:

**Sekunda** je trajanje  $9\,192\,631\,770$  period sevanja, ki ustreza prehodu med dvema hiperfinima nivojema osnovnega stanja atoma cezija 133 (1967).





#### 4. Električni tok:

**Amper** je nespremenljiv električni tok, ki pri prehodu skozi dva premočrtna, vzporedna, neskončno dolga vodnika zanemarljivega krožnega prereza, postavljena v vakuumu v medsebojni razdalji 1 metra, povzroča med njima silo  $2 \cdot 10^{-7}$  newtna na meter dolžine (1948).

#### 5. Termodinamična temperatura:

**Kelvin** je termodinamična temperatura, ki je  $1/273,16$  del termodinamične temperature trojne točke vode (1967).







## 6. Svetilnost:

**Candela** je svetilnost vira v določeni smeri, ki oddaja monokromatsko sevanje frekvence  $540 \cdot 10^{12}$  hertzov, katerega energijska jakost v tej smeri je  $1/683$  watta na steradian (1979).

## 7. Množina (snovi):

**Mol** je množina (snovi) sistema, ki vsebuje toliko osnovnih delcev, kolikor je atomov v 0,012 kilograma ogljika 12 (1971).

- Pri molu je potrebno navesti osnovne delce: atomi, molekule, ioni, elektroni, ....





Vse ostale enote SI imenujemo **izpeljane enote**.

- Dobimo jih iz definicij za ustrezne izpeljane veličine s pomočjo enačb.
- Primer:

- veličinska enačba:  $Y = f X_1^\alpha X_2^\beta X_3^\gamma$

- enotska enačba:  $[Y] = f [X]_1^\alpha [X]_2^\beta [X]_3^\gamma$

- primer za hitrost:

$$l = vt \Rightarrow [l] = [v][t] \Rightarrow [v] = \frac{[l]}{[t]}$$

izpeljana enota za hitrost:  $[v] = \frac{[l]}{[t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m/s}$





Nekater izpeljane enote imajo svoja imena:

- hertz ( $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$ ),
- newton ( $\text{N} = \text{mkg s}^{-2}$ ),
- pascal ( $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2 = \text{m}^{-1}\text{kgs}^{-2}$ ),
- joule ( $\text{J} = \text{Nm} = \text{Ws} = \text{m}^2\text{kgs}^{-2}$ ),
- watt ( $\text{W} = \text{J}/\text{s} = \text{m}^2\text{kgs}^{-3}$ ),
- coulomb ( $\text{C} = \text{As}$ ),
- volt ( $\text{V} = \text{W}/\text{A} = \text{m}^2\text{kgs}^{-3}\text{A}^{-1}$ ),
- radian, steradian, ...

Lahko jih **izrazimo** z osnovnimi ali **drugimi izpeljanimi** enotami:

- ohm ( $\Omega = \text{V}/\text{A}$ ), tesla ( $\text{T} = \text{Vs}/\text{m}^2$ ), farad ( $\text{F} = \text{As}/\text{V}$ ), ..





## Decimalne enote

- S predponami SI zvečane (zmanjšane) enote imenujemo **decimalne merske enote**
  - Primeri:  $\text{nV} = 10^{-9} \text{ V}$ ,  $\mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$ ,  $\text{mV} = 10^{-3} \text{ V}$ ,  
 $\text{kV} = 10^3 \text{ V}$ ,  $\text{MV} = 10^6 \text{ V}$

Predpone SI smemo postaviti pred vse enote SI, razen pred **kilogram**, kjer jih moramo **združiti z gramom**:

$$10^{-9} \text{ kg} = 10^{-6} \text{ g} = \mu\text{g}, \quad 1 \text{ mg} = 10^{-3} \text{ g}, \quad 1 \text{ dag} = 10 \text{ g}$$





Tabela 2.2 Predpone SI

<b>ime</b>	<b>znak</b>	<b>vrednost</b>	<b>ime</b>	<b>znak</b>	<b>vrednost</b>
jokto	y	$10^{-24}$	deka	da	$10^1$
zepto	z	$10^{-21}$	hekto	h	$10^2$
ato	a	$10^{-18}$	kilo	k	$10^3$
femto	f	$10^{-15}$	mega	M	$10^6$
piko	p	$10^{-12}$	giga	G	$10^9$
nano	n	$10^{-9}$	tera	T	$10^{12}$
mikro	$\mu$	$10^{-6}$	peta	P	$10^{15}$
mili	m	$10^{-3}$	eksa	E	$10^{18}$
centi	c	$10^{-2}$	zeta	Z	$10^{21}$
deci	d	$10^{-1}$	jota	Y	$10^{24}$





Nekatere decimalne enote imajo svoja imena:

- liter:  $1\text{l} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{ m}^3$ ,
- tona:  $1\text{t} = 1\text{Mg} = 10^3\text{ kg}$ ,
- bar:  $1\text{bar} = 10^5\text{ Pa}$ :
  - dodamo jim lahko predpone SI (dl, hl, mbar, ...)

Decimalne enote **niso koherentne!** –

- previdnost pri uporabi. Pri računanju jih zamenjamo s številskimi vrednostmi!

Predpona in enota se pišeta skupaj.

Eksponent se nanaša na predpono in enoto:

$$\text{cm}^2 = (\text{cm})^2 = (10^{-2}\text{ m})^2 = 10^{-4}\text{ m}^2$$





Številaska vrednost naj bo med 1 in 1000:

<b>nepregledno</b>	<b>pregledno</b>
0,00123 V	1,23 mV
0,0123 A	12,3 mA
$0,123 \cdot 10^{-3} \text{ H}$	123 $\mu\text{H}$
12300 $\Omega$	12,3 k $\Omega$
$1,23 \cdot 10^8 \text{ W}$	123 MW

Dodatne enote:

- enote časa **večje od sekunde** so: minuta (min), ura (h), dan (d),
- za **ravninski kot**: (kotna) stopinja ( $^{\circ}$ ), minuta ( $'$ ), sekunda ( $''$ ).
- za energijo (eV), ...





Sestavljene dodatne enote:

- za električno delovno energijo:  $1\text{kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$
- enote za **logaritemska razmerja**:
  - bel:  $B = \lg \frac{P}{P_0}$ ,
  - napetost v decibelih:  $U(\text{dB}) = 10 \lg \frac{P}{P_0} = 20 \lg \frac{U}{U_0}$ 
    - referenčni nivo  $U_0 = 1 \text{ V}$ :  $\text{dBV} = 20 \lg \frac{U}{1 \text{ V}}$

