



3. 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 (Système International d'Unités)





3.1 Veličine in njihova medsebojna povezanost

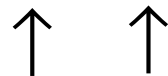
Veličine so **merljive lastnosti** pojavov, procesov in stanj.

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).





3.1.1 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:

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





3.1.2 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 ploščine 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:

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

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

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





3.1.3 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,
- α, β, γ - 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** enačba **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: $U = 10^{-3} IR = 10^{-3} \cdot 25 \text{mA} \cdot 100 \Omega = 0,0025 \text{V}$





3.1.4 Prirojene 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/V , I/mA , R/Ω - eksplicitno izražene številske vrednosti

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





3.2 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**. 3,78 l $\neq$ 4,55 l





3.2.1 Osnovne in izpeljane enote SI

Tabela 3.1 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:

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

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





Nekater izpeljane enote imajo svoja imena:

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

ime	znak	vrednost	ime	znak	vrednost
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	μ	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:

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

Številska vrednost naj bo med 1 in 1000:





nepregledno	pregledno
0,00123 V	1,23 mV
0,0123 A	12,3 mA
$0,123 \cdot 10^{-3} \text{ H}$	123 μH
12300 Ω	12,3 k Ω
$1,23 \cdot 10^8 \text{ W}$	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 $U_0 = 1\text{V}$: $\text{dBV} = 20 \lg \frac{U}{1\text{V}}$

