

## MEDNARODNI STANDARDI – Veličine in enote (ISO 31- 0 do 31-13)

Peter Glavič, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo,  
Smetanova 17, 2000 Maribor

International standards - Quantities and units (ISO 31-0 to 31-13)

### ABSTRACT

In this paper the international standards ISO 31 (Quantities and units) are presented with the following parts: ISO 31-0 (General principles), ISO 31-1 (Space and time), ISO 31-2 (Periodic and related phenomena), ISO 31-3 (Mechanics), ISO 31-4 (Heat), ISO 31-5 (Electricity and magnetism), ISO 31-8 (Physical chemistry and molecular physics), ISO 31-12 (Characteristic numbers) and others. The emphasis is given on the basic principles, which is important for writing of reports, presentations, articles, books and for education.

### POVZETEK

V prispevku so predstavljeni mednarodni standardi ISO 31 (Veličine in enote) z naslednjimi deli: ISO 31-0 (Splošna načela), ISO 31-1 (Prostor in čas), ISO 31-2 (Periodični in sorodni pojavi), ISO 31-3 (Mehanika), ISO 31-4 (Toplota), ISO 31-5 (Elektrika in magnetizem), ISO 31-8 (Fizikalna kemija in molekulska fizika), ISO 31-12 (Karakteristična števila) in drugi. Poudarek je na splošnih načelih, ki so pomembna za pisanje poročil, referatov, člankov, knjig in za pedagoški proces.

### 1. Mednarodni sistem enot (SI)

Mednarodni sistem enot (Système International, SI) temelji na konvenciji o metru iz leta 1875 in se posodablja z odločitvami Mednarodnega komiteja (CIPM) in Generalne konference (CGPM) pri Mednarodnem uradu za uteži in mere (BIPM) v Parizu. Osnovna listina<sup>1</sup> tega urada navaja poleg zgodovinskih dejstev:

- definicije osnovnih enot (meter, kilogram, sekunda, amper, kelvin, mol, kandela) in njihove simbole (m, kg, s, A, K, mol, cd),
- primere izpeljanih enot s posebnimi imeni (newton, pascal, joule, coulomb, watt, volt, farad, ohm, Celzijeva stopinja itd.) in njihove simbole (N, Pa, J, C, W, V, F, Ω, °C),
- primere sestavljenih enot: Pa · s, N · m, J/(kg · K), J/(mol · K), W/(m · K), C/kg itd.
- decimalne večkratnike (kilo, mega, giga, tera) in manjkratnike (milli, mikro, nano, piko),
- dovoljene enote ob SI: minuta, ura, dan; (kotna) stopinja, minuta, sekunda; liter, tona itd.
- eksperimentalno dovoljeni enoti ob SI: elektronvolt, poenotena atomska masna enota,
- enote, ki so dovoljene na posebnih področjih (navtična milja, ar, bar, ångström idr.) in
- odsvetovane enote sistema CGS s pretvorniki: poise, stokes, gauss, oersted idr.
- druge odsvetovane enote zunaj SI: curie, röntgen, torr kalorija, atmosfera, mikron idr.

Listina vsebuje tudi pravila za pisanje simbolov za zmnožke in količnike enot SI ter predpon SI (večkratnikov in manjkratnikov enot). O tem več kasneje. Evropska komisija je mednarodni sistem uzakonila v svoji smernici<sup>2</sup>, ki jo je z odredbo, katere uporaba je obvezna, privzela tudi Slovenija<sup>3</sup>.

### 2. Mednarodni standardi

Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO) s sedežem v Ženevi je izdala več standardov o veličinah in enotah<sup>4-6</sup>, od katerih je s 14 deli najpomembnejši in najboljšejejši ISO 31<sup>4</sup>. Ta standard ni samo obsežnejši od listine o SI, temveč vsebuje tudi imena in simbole veličin, ne samo enot. Njegova uporaba ni obvezna, je pa priporočena. V njem so prikazana in uporabljena pravila, dogovorjena za poimenovanje veličin in enot ter za pisanje simbolov. Sistematična pravila so podobna sistemskemu poimenovanju spojin v kemiji in naj bi jih uporabljali tudi nacionalni standardi. Posebna skupina strokovnjakov Tehniške komisije Sekcije za terminološke slovarje Inštituta za slovenski jezik 'Frana Ramovša' pri Znanstveno-raziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti končuje prevajanje standarda ISO 31; po javni razpravi prevod odobri Tehnični odbor SIST/TC Tehnično risanje, veličine, enote, simboli in grafični simboli pri Slovenskem inštitutu za standardizacijo.

#### 2.1 Splošna načela

Mednarodni standard ISO 31-0 daje splošne informacije o načelih, ki se nanašajo na pisanje in uporabo fizikalnih veličin, enačb, simbolov veličin in enot koherentnega sistema SI. Najboljša splošna navodila so v ameriškem standardu NIST 811<sup>9</sup>. Razlikovati moramo npr.:

- veličina: masa, simbol veličine: *m* kurziv (poševne črke),  
dolžina, *l* nabor črk Times New Roman!
- enota kilogram, simbol enote kg pokončne črke, nabor črk arial  
meter m (simbol za meter ni enak simbolu za maso)
- količina 5,3 kg, 5,3 je številka vrednost (mersko število);  
po ISO uporabljamo decimalno vejico, v angleščini tudi piko

- veličinska enačba  $v = l/t$ ,  $E = mc^2$
  - števska enačba  $\{v\}_{km/h} = 3,6\{l\}_m/\{t\}_s$
  - enotska enačba  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
  - količinska enačba  $36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$
  - dimenzija hitrosti  $LT^{-1}$  (v eksponentu pomišljaj, ne vezaj!)
- Op.: loči vezaj (-) od pomišljajev (—, —) in stične pomišljaje (-) od nestičnih (-)!

## 2.2 Dogovorjena pravila za pisanje in uporabo simbolov veličin

Simbole veličin pišemo s poševnimi črkami latinske ali grške abecede (nabor Times New Roman), včasih z dodanimi indeksi (podpisi in nadpisi). Za simbolom veličine ni pike, razen na koncu stavka.

Simbole veličin pri množenju pišemo skupaj ali pa jih ločimo z znakom za množenje ali s poldvignjeno piko ali presledkom:

$ab$ ,  $a b$ ,  $a \cdot b$  ali  $a \times b$

Simbole veličin pri deljenju pišemo z ulomkovo črto ali z negativnim eksponentom:

$$a/b, \frac{a}{b}, a \cdot b^{-1}; \quad \frac{ab}{c} = ab/c = abc^{-1} \text{ (ne } a/b/c\text{!)}$$

Če imajo v sobesedilu različne veličine enak simbol, jih lahko razlikujemo z ustreznim indeksom (podpisom). Indeks, ki pomeni simbol fizikalne veličine, je tiskan poševno (nabor Times New Roman), npr.  $C_p$  za molsko toplotno kapaciteto pri stalnem tlaku,  $q_m$  za masni pretok, drugi indeksi pa so tiskani pokončno (nabor arial), npr.  $m_e$  za maso elektrona,  $C_g$  molsko toplotno kapaciteto plina:

$C_v$ ,  $q_m$ ,  $K_c$  ( $V$  = postopinski,  $m$  = masni,  $c$  = koncentracijski) oz.

$E_k$ ,  $V_m$ ,  $\Delta_{\text{vap}}H$ ,  $\Delta_rH_m$ ,  $\Delta_tH \neq \Delta_{\text{fus}}H$ ,  $HCl(g)$ ,  $n_B$  ( $k$  = kinetični,  $m$  = molski,  $\text{vap}$  = izparilni,  $r$  = reakcijski,  $\text{fus}$  = talični,  $g$  = plinasti,  $B$  = komponenta B)

## 2.3 Dogovorjena pravila za pisanje imen in simbolov enot

Imena enot, ki so poimenovana po slavni znanstveniki, pišemo z malo začetnico, izvirmo (newton) ali podomačeno (njuton). Slovenski pravopis dopušča obe pisavi, pri čemer daje prednost podomačeni, medtem ko prevod standarda ISO in odredba dajeta prednost izvirmi, ker je ta v strokovnih besedilih bolj v rabi.

Simbole enot pišemo pokončno (ne glede na drugo besedilo) in z malimi črkami, razen pri enotah, ki so poimenovane po osebah, torej  $m$ ,  $s$ ,  $lm$ , vendar  $V$ ,  $Pa$ ,  $Wb$ . Pri litru sta dopuščeni obe pisavi, zaradi jasnosti pa ima prednost velika črka  $L$ .

Pri simbolih enot ni pregibanja oziroma končnic ali pike (razen na koncu stavka), torej npr.  $2 \text{ m}$ ,  $5 \text{ bar}$ ,  $4,7 \text{ mol}$ .

Simbole pri množenju ločimo s poldvignjeno piko ali presledkom:

$N \cdot m$  ali  $N m$ ,  $m \cdot s^{-1}$  ne  $ms^{-1}$  (ker bi to pomenilo recipročno milisekundo!),

$kW \cdot h$  ali  $kW h$ , ne pa  $kWh$

Simbole pri deljenju pišemo z ulomkovo črto ali z negativnim eksponentom:

$$\frac{m}{s}, \text{ m/s}, \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \text{ oziroma v primeru bolj sestavljenih}$$

$$\text{m} \cdot \text{kg}/(\text{s}^3 \cdot \text{A}), \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}, \text{ (ne } \text{m} \cdot \text{kg}/\text{s}^3/\text{A}.)$$

Za simbole enot ne smemo uporabljati kratic, kot so npr.  $\text{sec}$ ,  $\text{ccm}$ ,  $\text{lit}$ ,  $\text{mps}$ ,  $\text{AMU}$ .

## 2.4 Več- in manjkrajniki enot

Imena decimalnih enot pišemo skupaj s predpono (milimeter, mikropascal, meganewton), isto velja za simbole enot ( $\text{km}$ ,  $\text{mL}$ ,  $\mu\text{Pa}$ ), ki dajejo z več- ali manjkrajniki neločljiv simbol:

$2,3 \text{ cm}^3 = 2,3 (\text{cm})^3$ . Enota naj ima kar se da malo manjkrajnikov oz. večkratnikov, razen v primeru kilograma:

$10 \text{ MV/m}$  je bolje kot  $10 \text{ kV/mm}$ ;

$0,13 \text{ mol/kg}$  je bolje od  $0,13 \text{ mmol/g}$ .

Manjkrajnike ali večkratnike lahko uporabljamo tudi pri enoti  $^\circ\text{C}$ : npr.  $12 \text{ m}^\circ\text{C}$ .

Ne uporabljamo jih pri časovnih enotah, kot so  $\text{min}$ ,  $\text{h}$ ,  $\text{d}$ .

Pri litru,  $L$ , uporabljamo samo manjkrajnike:  $\text{mL}$ ,  $\text{dL}$  (ne  $\text{kL}$ ,  $\text{ML}$  ipd.).

Pri elektronvoltu,  $\text{eV}$ , in toni,  $t$ , uporabljamo samo večkratnike,  $\text{kt}$  (ne pa  $\text{mt}$ ).

## 2.5 Izgovarjava imen enot

Množene enote pišemo z vezajem (Slovenski pravopis jih piše skupaj, če sta največ dve in če gre za enote, ki so v splošni rabi, npr. wattsekunda), torej pascal-sekunda (pascalsekunda), newton-meter (newtonmeter, izgovarjava je v obeh primerih enaka), razprava o tem še teče. Deljene enote pišemo z besedico »na«, ne s črto, torej amper na meter in ne amper/meter. Potenci dva (na kvadrat) in tri (na (potenco) tri) pišemo za imenom enote, v primeru ploščine (kvadratni meter) in prostornine (kubični meter) pa ju pišemo pred imenom:

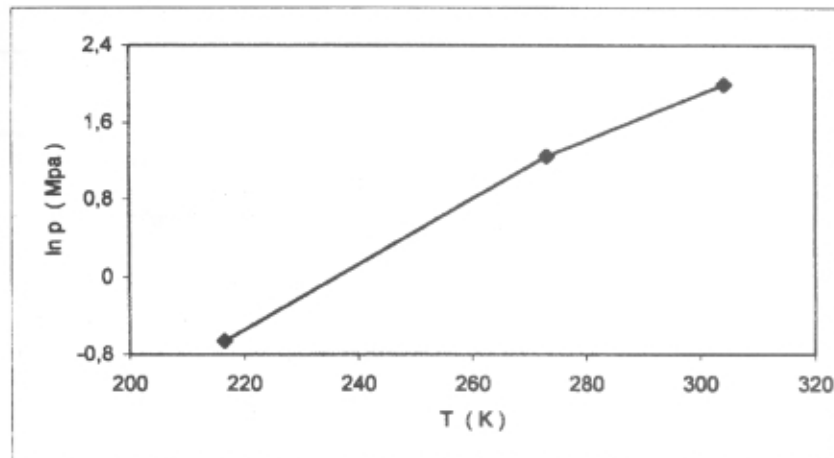
$\text{m/s}^2$	meter na sekundo (na) kvadrat
$\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$	newton-meter (na) kvadrat na kilogram (na) kvadrat
$\text{kg/m}^2$	kilogram na kvadratni meter
$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$	watt na kvadratni meter-kelvin na (potenco) štiri
$\text{kg/m}^3$	kilogram na kubični meter
$\text{Pa}^{-1}$	pascal na (potenco) minus ena, recipročni pascal
$\text{m}^{-3}/\text{s}$	meter na (potenco) minus tri na sekundo

## 2.6 Dogovorjena pravila izražanja količin

Kolone v tabelah in osi v grafih s številskimi vrednostmi naslavljamo s simboli:  $t/^\circ\text{C}$  (ne

$t$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) ali Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ );  $E$  ( $\text{V/m}$ ), ne  $E$  ( $\text{V/m}$ ) ali Električna poljska jakost ( $\text{V/m}$ ).

$T/\text{K}$	$p/\text{MPa}$	$\ln(p/\text{MPa})$
216,55	0,5180	-0,6578
273,15	3,4853	1,2486
304,19	7,3815	1,9990



Med številsko vrednostjo in enoto je presledek:  $30,2^{\circ}\text{C}$ ,

izjema so enote za ravninski kot:  $\alpha = 30^{\circ}22'8''$ .

Tudi pri pridevniški rabi ne uporabljamo vezaja:  $10\text{ k}\Omega$  upornik.

Količine izražamo z eno samo enoto:

$22,20^{\circ}$ , ne  $22^{\circ}12'$ ;  $l = 10,234\text{ m}$ , ne  $l = 10\text{ m } 23\text{ cm } 4\text{ mm}$ .

Informacije so pri veličini, ne pri enoti:  $\Delta_k S(\text{HgCl}_2, \text{cr}, 25^{\circ}\text{C}) = -154,3\text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ ;

$V_{\text{max}} = 300\text{ V}$ , ne  $V = 300\text{ V}_{\text{max}}$  (za potencialno razliko,  $V$ , v voltih,  $\text{V}$ );

vsebnost  $\text{Pb}$  je  $5\text{ ng/L}$ , ne  $5\text{ ng Pb/L}$ ;

številski gostota atomov  $\text{O}_2$  je  $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  in ne  $3 \times 10^{18}\text{ O}_2\text{ atomov}/\text{cm}^3$ .

Pri navajanju količin uporabljamo simbole enot in ne njihovih imen, torej  $5\text{ m}$  in ne  $5\text{ metrov}$  ali  $\text{pet m}$ .

V znanstvenem in strokovnem tisku navajamo številsko vrednost veličine s številko, enoto pa s simbolom, torej  $5\text{ m}$  in ne  $\text{pet metrov}$ .

Količine moramo izraziti nedvoumno:

$51\text{ mm} \times 51\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ , ne  $51 \times 51 \times 25\text{ mm}$ ;

Vrednosti v mejah navedemo bodisi s predlogi od ... do z navedbo enote pri obeh

Številkah, torej

od  $0\text{ V}$  do  $5\text{ V}$  (ne  $0$  do  $5\text{ V}$ )

ali s stičnim pomišljajem in navedbo enote na koncu za

presledkom (gl. Slovenski pravopis 2002), torej:

$0\text{--}5\text{ V}$  (ne  $0\text{--}5\text{ V}$ ).

Tudi pri navajanju toleranc enoto prav tako ponovimo ali pa pišemo vrednost in odstopanje v oklepaju, pri čemer mora biti pred znakom  $\pm$  in za njim v vsakem primeru presledek, torej:

$63,2\text{ m} \pm 0,1\text{ m}$  ali  $(63,2 \pm 0,1)\text{ m}$ , ne  $63,2 \pm 0,1\text{ m}$ ;

$(8,2, 9,0, 9,5, 9,8, 10,0)\text{ GHz}$ , ne  $8,2, 9,0, 9,5, 9,8, 10,0\text{ GHz}$ ;

$129\text{ s} - 3\text{ s} = (129 - 3)\text{ s} = 126\text{ s}$ , ne  $129 - 3\text{ s} = 126\text{ s}$ .

Simbola enote ne smemo uporabljati brez številke vrednosti:

plin prodajamo na kubične metre, ne ... na  $\text{m}^3$ ; v glavi preglednice ali ob koordinatni osi v diagramu pa seveda lahko zapišemo  $\text{V}/\text{m}^3$ , kar pomeni »prostornina v kubičnih metrih«.

Izbira večkratnika oz. manjkrajnika je odvisna od natančnosti meritve:

$l = 1200\text{ m}$  ali tudi  $l = 1,200\text{ km}$ , ne pa  $1,2\text{ km}$ ;

številski vrednost naj bo med  $0,1$  in  $1000$ , večkratnik potence 3:

namesto  $3,3 \times 10^7\text{ Hz}$  pišemo  $33 \times 10^6\text{ Hz} = 33\text{ MHz}$ ;

namesto  $0,009\text{ 52 g}$  pišemo  $9,52 \times 10^{-3}\text{ g} = 9,52\text{ mg}$ ;

namesto  $2703\text{ W}$  pišemo  $2,703\text{ kW}$ ;

namesto  $0,185\text{ nm}$  pišemo  $185\text{ pm}$ .

Pomembna je praksa v stroki ali vedi: strojniki izražajo vse v  $\text{mm}$ , gradbeniki v  $\text{cm}$ ;

v tabelah naj bo uporabljen en sam večkratnik ali manjkrajnik:  $10\text{ mm} \times 3\text{ mm} \times 0,02\text{ mm}$ .

Pri veličinah z dimenzijo ena (brezdimenzijske veličine) enote  $1$  ne pišemo. Tako npr.

pišemo za lomni količnik

$n = 1,51$  (ne pa  $n = 1,51 \times 1$ ).

Ravninski in prostorski kot imata dimenzijo ena, enoto ena, simbol  $1$ , vendar zanju še pogosto uporabljamo enoti

radian ( $\text{rad}$ ) oziroma steradian ( $\text{sr}$ ).

Z enoto ena uporabljamo namesto večkratnikov ali manjkrajnikov rajši potence  $10$ :

$$\mu = 1,2 \times 10^{-6} \text{ (ne pa } \mu = 1,2 \mu\text{)}$$

Dovoljena je raba simbola % (odstotek), simbola ‰ (promile) za število 0,001 pa ne!

Med številko in simbolom mora biti presledek:

$$x_B = 0,0025 = 0,25 \text{ ‰ (ne } x_B = 0,25\% \text{ ali } x_B = 0,25 \text{ odstotka)}$$

Ker je % število, mu ne smemo dodati informacije, torej:

ne npr. masni odstotek niti utežni % niti % (m/m) in

ne npr. molski odstotek niti molski % niti % (mol/mol).

Pravilno:

masni delež je 10 % ali  $w_B = 10 \text{ ‰}$  ali  $w_B = 3 \text{ g/kg}$ ;

molski delež je 10 % ali  $x_B = 10 \text{ ‰}$

$R_1 = R_2(1 + 0,05 \text{ ‰})$ , ne upor  $R_1$  presega upor  $R_2$  za 0,05 %.

Kratice ppm, ppb, ppt ter imena števil  $10^9$  in višjih niso primerna:

$$1 \text{ bilijon (ZDA)} = 1 \times 10^9, 1 \text{ bilijon (EZ)} = 1 \times 10^{12}$$

pišemo rajši kot število 10 na ustrezno potenco! Namesto enot ppm, ppb pišemo npr.:

$$0,5 \mu\text{L/L (ne } 0,5 \text{ ppm)}, 1 \text{ nm/m (ne } 1 \text{ ppb)}, 2 \text{ ng/kg (ne } 2 \text{ ppt)}$$

Ne smemo uporabljati kratic, ki so odvisne od jezika ali so različne v različnih državah:

npr. vrt/min za vrtljaje na minuto, dovoljen je r/min; bilijon v ppb – glej zgoraj.

Veličinske enačbe imajo prednost pred številskimi, npr.:

$$E_g(\text{eV}) = 1,425 - 1,337x + 0,270x^2, \quad 0 \leq x \leq 0,15, \quad x \text{ je množinski delež.}$$

Pravilno pisanje količnikov veličin je »deljeno z«, ne »na enoto«:

tlak je sila, deljena s ploščino, bolje kot tlak je sila na enoto ploščine.

Izražanje naj bo natančno: ... predmet z maso 1 kg so ... in ne ... maso 1 kg so ... !

## 2.7 Simboli opisnih izrazov

Poleg simbolov veličin in enot poznamo simbole opisnih izrazov: matematičnih simbolov, kemijskih elementov, indeksov ob simbolih veličin (glej točko 2.2), kratice, akronime.

Matematični znaki in simboli so podani v ISO 31-11. Simbole matematičnih konstant, funkcij in operatorjev pišemo pokončno:

$\sum x_i$	vsota $x$ ,	
$d f/dx$	odvod funkcije $f$ po $x$ ,	enako $\delta f/\delta x$ za parcialni odvod
$e^x, \exp x$	eksponentna funkcija (za osnovo $e$ )	
$\log_a x$	logaritem osnove $a$ za število $x$	
$\text{lb } x$	$\text{lb } x = \log_2 x$	
$\ln x$	$\ln x = \log_e x$	
$\lg x$	$\lg x = \log_{10} x$	
$\tan x$	tangens $x$ .	

Simbole kemijskih elementov pišemo pokončno: Ar, Na, K.

Števila pišemo v skupinah (s presledkom, ne s piko) po 3 števke, levo in desno od decimalne vejice: 43 279,168 29

## 2.8 Pravila za poimenovanje veličin

Koeficient:	količnik dveh veličin z <u>različnima dimenzijama</u> npr. koeficient (toplotnega, snovnega)(prestopa, prehoda)	
Faktor:	količnik dveh veličin z <u>enakima dimenzijama</u>	
Razmerje:	količnik dveh <u>enakih veličin</u> , ne »indeks«	
Delež:	razmerje, manjše od ena	
Raven (nivo):	logaritem razmerja veličine in njene referenčne vrednosti	
Konstanta:	veličina, ki ima pri vseh pogojih isto vrednost	
Masni, specifičen:	deljen z maso	$X/m = x$
Prostorninski, gostota:	deljen s prostornino	$X/V$
Dolžinski, dolžinska gostota:	deljen z dolžino	$X/l$
Ploščinski, ploščinska gostota:	deljen s ploščino,	$X/A$
Molski:	deljen z množino,	$X/n = X_m$
Koncentracija:	deljen s celotno prostornino zmesi	$X/V_z$

Sistem lahko uredimo v matrično obliko, kot jo ima npr. periodni sistem (Tabele 1 do 5).

Tabela 1. Razmerja, deleži in koncentracije

Veličina	Masa	Prostornina	Množina	Številnost
Razmerje	$\zeta(A/B)$ masno razmerje	$\psi(A/B)$ prostorninsko razmerje	$r(A/B)$ množinsko razmerje	$R(A/B)$ številsko razmerje
Delež	$w_B$ masni delež	$\varphi_B$ prostorninski delež	$x_B$ množinski delež	$X_B$ številski delež
Koncentracija	$\rho_B$ masna koncentracija	$\sigma_B$ prostorninska koncentracija	$c_B$ (množinska) koncentracija	$C_B$ številška koncentracija

Druge možnosti stolpcev: čas (časovni delež, časovno razmerje), cena (censki delež, censko razmerje)

Tabela 2. Prostorninske, masne, molske veličine

$X$	$A, (S)$	$V$	$m$	$E$
$X/V$ Prostorninski, »gostota«	$A/V = a$ prostorninska ploščina $m^2/m^3$	$\varphi$ prostorninski delež 1	$m/V = \rho$ prostorninska masa $kg/m^3$	$EV = w$ prostorninska energija $J/m^3$
$X/m$ Masni, »specifični«	$A/m = s$ masna ploščina $m^2/kg$	$V/m = v$ masna prostornina $m^3/kg$	$w$ masni delež 1	$E/m = e$ masna energija $J/kg$
$X/n$ Molski	$A/n = A_m$ molska ploščina $m^2/mol$	$V/n = V_m$ molska prostornina $m^3/mol$	$m/n = M$ molska masa $kg/mol$	$E/n = E_m$ molska energija $J/mol$

Druge možnosti za  $X$ : številnost  $N$ , delo  $W$ , entalpija  $H$ , naboj  $Q$ , cena  $C$

Tabela 3. Tok, ploščinski tok, prostorninski tok

$X$	$V$	$m$	$n$	$Q/J$
$X/t$ ... tok	$V/t = q_V(Q)$ prostorninski tok $m^3/s$	$m/t = q_m(q)$ masni tok $kg/s$	$n/t = F?$ množinski tok $mol/s$	$Q/t = \Phi$ toplotni tok $W = J/s$
$X/(At)$ Ploščinski ... tok, ne fluks	$V/(At) = v$ povprečna hitrost toka $m^3/(m^2 \cdot s) = m/s$	$m/(At) = G?$ ploščinski masni tok $kg/(m^2 \cdot s)$	$n/(At) = J?$ ploščinski množinski tok $mol/(m^2 \cdot s)$	$\Phi/A = q$ ploščinski toplotni tok $W/m^2$
$X/(Vt)$ Prostorninski .. tok Gostota ... toka	$V/(Vt) = \Sigma?$ gostota prostor- ninskega toka $m^3/(m^3/s) = s^{-1}$	$m/(Vt) = I?$ gostota masnega toka $kg/(m^3 \cdot s)$	$n/(Vt) = v$ hitrost reakcije $mol/(m^3 \cdot s)$	$\Phi/Vt = \varphi?$ prostorninska moč $W/m^3$

Druge možnosti za  $X$ : številnost  $N$ , energija  $E$ , elektrina  $Q$

Op.: simboli z vprašaji niso mednarodno potrjeni, so samo predlog avtorja tega članka

Tabela 4. Različne hitrosti kemijskih presnov

$X$	$V$	$m$	$A$
$\omega X$ ... hitrost presnove	$\omega V = r$ prostorninska hitrost presnove $mol/(m^3 \cdot s)$	$\omega/m = r'$ masna hitrost presnove $mol/(kg \cdot s)$	$\omega/A = r''$ ploščinska hitrost presnove $mol/(m^2 \cdot s)$

### 3. Nekatere veličine in njihove enote

V nadaljevanju navajamo nekatere spremembe za kemike pomembnega izrazja veličin in enot ter njihovih simbolov

#### 31-1 PROSTOR IN ČAS

dolžina		$l, L$
širina		$b$
višina		$h$
debelina		$d, \delta$
polmer		$r$
dolžina poti		$s$
razdalja	$d, r$	
koordinate		$x, y, z$
polmer loka		$\rho$
ploščina		$A, (S)$ – razlikuj površino od njene ploščine
čas		$t$
perioda	$T$	
časovna konstanta		$\tau$

#### 31-2 PERIODIČNA IN SORODNA GIBANJA

vrtilna frekvenca $f$		Hz, $r/s$ (ne $vrt/s$ , $vrt/min$ , $obr/min$ ipd.)
krožna frekvenca	$\omega = 2\pi f$	$s^{-1}$
valovna dolžina	$\lambda$	$m$
repetenca, valovno število		$\sigma = 1/\lambda$ $m^{-1}$

## 31-3 MEHANIKA

tlak		$p$		Pa, bar
viskoznost		$\eta$		Pa · s
kinematična viskoznost	$\nu$		$m^2/s$	
energija	$E$		J	
delo		$W$		J
moč		$P$		J
izkoristek		$\eta$		1
masni tok		$q_m$		kg/s;
prostominski tok	$q_v$		$m^3/s, L/s$	

## 31-4 TOPLOTA

termodinamična temperatura		$T, (\Theta)$		K
Celzijeva temperatura		$t, \vartheta$		°C
toplota		$Q$		J
toplotni tok		$\Phi$		W
toplotna kapaciteta		$C$		J/K
masna toplotna kapaciteta	$c$		J/(kg · K)	
molska toplotna kapaciteta	$C_m$		J/(mol · K)	
koeficient toplot. prestopa	$h, (\alpha)$		W/(m <sup>2</sup> · K)	
koeficient toplotnega prehoda v gradbeništvu (in kemijski tehniki)	$K, (k), U$		W/(m <sup>2</sup> · K)	
(Helmholtzova) prosta energija	$A, F$		J	
prosta entalpija	$G$		J	

## ISO 31-5 ELEKTRIKA IN MAGNETIZEM

električni naboj, elektrina	$Q$		C	
električni potencial		$V$		V
razlika potencialov, napetost		$U$		V
lastna napetost	$E$		V	
električna konstanta		$\epsilon_0$		F/m
permitivnost		$\epsilon$		F/m
magnetna konstanta		$\mu_0$		H/m
permeabilnost		$\mu$		H/m

Tabela 5., upor - prevod, upornost – prevodnost

	Upor, rezistanca	Prevod, konduktanca	Upornost, rezistivnost	Prevodnost, konduktivnost
Električni	$R/\Omega$	$G/S$	$\rho/(\Omega \cdot m)$	$\sigma/(S/m)$
Toplotni	$R/(K/W)$	$G/(W/K)$	$R/(m \cdot K/W)$	$\lambda/(W/(m \cdot K))$

## 31-8 FIZIKALNA KEMIJA IN KEMIJSKA FIZIKA

relativna atomska masa	$A_r$		1	
relativna molekulska masa	$M_r$		1	
molska masa		$M$		kg/mol
množinski delež (komponente B)	$x_B, (y_B)$		1	
koncentracija (topljenca B)	$c_B$		mol/L,	ne normalnost (N) ali molarnost (M)
masna koncentracija (topljenca B)	$\rho_B$		kg/L	
molalnost (topljenca B)				
ne molalnost (m)	$b_B$		mol/kg	
absolutna aktivnost		$\lambda_B$		1
aktivnost topjenca B		$a_B$		1
fugativnost B		$p_B$		Pa
koeficient aktivnosti topjenca B	$\gamma_B$		1	
kemijski potencial B		$\mu_B$		J/mol
afiniteta (kemijske reakcije)		$A$		J/mol
obseg reakcije		$\xi$		mol
standardna ravnotežna konstanta	$K^0$		1	

Podrobnejša pravila za kemijo je mogoče najti v IUPACovi »zeleni knjigi«<sup>10</sup>, priručniku<sup>11</sup> in Priporočilih<sup>12</sup>.

## 5. Literatura

1. Le Système international d'unités, Bureau international des poids et mesures (BIPM), 7<sup>e</sup> édition, Sèvres, 1998, str. 1-79 (vključuje tudi angleško verzijo, str. 81-152).
2. Council directive 80/181/EEC with amendments 85/1, 89/617 and 99/103/EC.
3. Odredba o merskih enotah (Ur. list RS 26/2001).

4. Mednarodni standardi ISO 31-0 do 31-13, *Quantities and units* (1992 + dopolnilo 1998); SIST ISO 31-0 do 13, *Veličine in enote*, prevod v slovenščino (2002):
- 1 Splošna načela
  - 2 Prostor in čas
  - 3 Periodični in sorodni pojavi
  - 4 Mehanika
  - 5 Toplota
  - 6 Električna in magnetizem
  - 7 Svetloba in sorodna elektromagnetna sevanja
  - 8 Akustika
  - 9 Fizikalna kemija in molekulska fizika
  - 10 Atomika in jedrska fizika
  - 11 Jedrske reakcije in ionizirajoča sevanja
  - 12 Matematični znaki in simboli
  - 13 Karakteristična števila
  - 14 Fizika trdne snovi
5. SIST ISO 1000 Enote, SI in druge, njihovi večkratniki in manjkratniki
6. SIST ISO 2955 Pisanje SI in drugih enot pri omejenih naborih znakov
7. SIST ISO 10628 Procesne sheme – splošna pravila in grafični simboli
1. CODATA (Committee on Data for Science and Technology) *Values of Fundamental Constants 1998*, Revs. Mod. Phys. 72 (2000) 351
  2. *Guide for the Use of the International System of Units (SI)*, National Institute of Standards and Technology (NIST), NIST Special Publication 811, B. N. Taylor (Ed.), Washington, 1995.
  3. *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*, I. Mill et al. (Eds), IUPAC, Blackwell Science, Oxford, 1998.
  4. P. Glavič, *Mednarodni sistem merskih enot in znakov*, FKKT, Maribor, 2002.
  5. IUPAC *Recommendations*, Compendium of Chemical Terminology, 2<sup>nd</sup> Edition, A. D. McNaught and A. Wilkinson (Compilers), Blackwell Science, Oxford, 1997.

## NOVE KNJIGE

**Prof. dr. Franc Vodopivec, Kovine, zlitine, materiali,**  
**založnik: Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana 2002, 474 strani**

Knjiga ponuja bralcem temeljne informacije o kristalni zgradbi, mikrostrukturi, procesih in lastnostih kovin in zlitin. Kovinska gradiva se obravnavajo v treh velikostnih redih: kristalna mreža v redu velikosti atoma  $10^{-10}$  m, mikrostruktura v redu velikosti  $10^{-6}$  do  $10^{-3}$  m in makroskopski red velikosti pri uporabi. Mikroskopski nivo je pomemben, ker je izhodišče za inženirsko rabo, pri kateri so bistvene lastnosti: trdnost, elastičnost, žilavost, duktilnost, obdelovalnost z odrezovanjem, magnetizem itd.; kemijska sestava in mikroskopski nivo določata inženirske lastnosti, nivo kristalne mreže pa razlaga procese, ki kovinam in zlitinam dajejo specifične lastnosti. Knjiga prinaša osnovne informacije tudi o novejših materialih, kot so amorfne in nanokristalinične zlitine.

**Doc. dr. Jelena Vojvodič Tuma, Mehanske lastnosti kovin,**  
**založnik: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana 2002, 272 strani**

Knjiga obravnava vedenje kovin in zlitin, ko so izpostavljene mehanskim obremenitvam. Razumevanje procesov, ki pri tem nastopijo, je mogoče šele, ko poleg njihove kemijske sestave poznamo tudi njihovo zgradbo. V knjigi so zato uvodna poglavja posvečena kristalni zgradbi kovin ter napakam v idealni kristalni mreži. V poglavju o plastični deformaciji kovinskih materialov so podrobneje obdelani dislokacijski mehanizmi deformacijskega utrjevanja kovin. Velika večina mehanskih lastnosti pa ni odvisna le od kristalne zgradbe, to je od zgradbe na atomarnem nivoju, temveč tudi od njihove mikrostrukture. Zato je eno od poglavij posvečeno tudi strjevanju zlitin in ravnotežnim faznim diagramom ter mikrostrukturi zlitin. Najobsežnejši poglavji obravnavata mehanske lastnosti kovinskih materialov, kot jih najbolj splošno ugotavljamo z nateznim preizkusom in udarnim merjenjem žilavosti, ter na mehaniko loma. V zadnjem delu knjige so še za prakso nedvoumno pomembna poglavja o utrjevanju in lezenju kovin in zlitin ter kombinaciji obeh pojavov. V knjigi je za ponazoritev teorije tudi nekaj rešenih matematičnih nalog.

**Prof. dr. Tomislav Nenadović, Oplemenjeni materiali,**  
**BIGZ – Biblioteka Galaksija, Beograd 2001, 193 strani**

Tretja knjiga s področja materialov prihaja iz nam še vedno domačega srbskega govornega področja. Napisal jo je naš stari znanec iz časov skupne države in zveze JUVAK, prof. dr. Tomislav Nenadović. Knjiga v uvodnih poglavjih podaja osnove fizike in kemije trdne snovi, ki so pomembne za nauk o materialih. Poudarek je tudi na opisu tistih lastnosti materialov, ki v največji meri določajo uporabno vrednost le-teh. V posebnem poglavju avtor razčleni posamezne vrste trdnih snovi (kovine, keramike, polimeri, kompoziti, polprevodniki) in opiše njihove najpomembnejše lastnosti. Eno od poglavij je posvečeno inženirstvu površin trdnih snovi. Opisane so najosnovnejše metode karakterizacije materialov in v zadnjem poglavju specifični primeri uporabe materialov v inženirstvu.

**Prof. dr. Tomislav Nenadović in prof. dr. Tomislav M. Pavlović, Fizika i tehnika tankih slojeva,**  
**Institut za nuklearne nauke »Vinča« i Univerzitet u Nišu, Beograd 1997, 244 strani**

Knjiga mi je prišla v roke šele pred kratkim. Ker pa je to ena redkih knjig o tankih plasteh, je vredno, da jo na kratko predstavimo. Knjiga obsega deset poglavij. Uvodna poglavja govorijo o procesih rasti vakuumskih tankih plasti, njihovi pripravi ter izboru in pripravi podlag primernih za nanos plasti. Sledijo štiri poglavja o strukturnih, električnih, mehanskih in optičnih lastnostih tankih plasti. Posebna pozornost je posvečena optičnim tankim plastem. V zadnjem poglavju pa je zbranih nekaj značilnih primerov uporabe tankih plasti in prevlek.