

Međunarodni sustav jedinica SI



Međunarodni sustav jedinica (SI) međunarodno je dogovoren temelj za izražavanje mjerenja na svim razinama točnosti i u svim područjima znanosti, tehnike i ljudskog djelovanja.

Međunarodna pramjera kilograma (K) jedini je preostali artefakt koji se upotrebljava za definiranje neke osnovne jedinice SI-a.



Osnovne SI jedinice

U SI-u postoje dva razreda jedinica, osnovne jedinice i izvedene jedinice. Sedam osnovnih jedinica SI-a navedenih u tablici zajedno s njihovim odgovarajućim osnovnim veličinama osiguravaju referenciju koja se upotrebljava za definiranje svih mjernih jedinica Međunarodnog sustava jedinica.

Izvedene jedinice

Izvedene jedinice definiraju se kao umnošci potencija osnovnih jedinica i upotrebljavaju se za mjerenje izvedenih veličina.

Neki primjeri izvedenih veličina i jedinica

Izvedena veličina, znak	Izvedena jedinica, znak
ploščina, A	četvorni metar, m^2
obujam, V	kubični metar, m^3
brzina, v	metar u sekundi, m/s
ubrzanje, a	metar u sekundi na kvadrat, m/s^2
gustoća mase, ρ	kilogram po kubičnome metru, kg/m^3
gustoća struje, j	amper po četvornome metru, A/m^2
jakost magnetskoga polja, H	amper po metru, A/m
koncentracija, c	mol po kubičnome metru, mol/m^3
svjetljivost, L_v	kandela po četvornome metru, cd/m^2
indeks loma, n	(broj) jedan

Sedam osnovnih SI jedinica

Veličina

Osnovna jedinica (znak): definicija jedinice

duljina

metar (m): Metar je duljina puta koji u vakuumu prijeđe svjetlost u vremenskome odsječku od $1/299\,792\,458$ sekunde.

masa

kilogram (kg): Kilogram je jedinica mase: ona je jednaka masi međunarodne pramjere kilograma

vrijeme, trajanje

sekunda (s): Sekunda je trajanje od $9\,192\,631\,770$ perioda zračenja koje odgovara prijelazu između dviju hiperfinskih razina osnovnog stanja cezijeva atoma 133.

električna struja

amper (A): Amper je ona stalna struja koja bi kad bi se održavala u dva ravna usporedna vodiča neizmjerne duljine i zanemariiva kružnoga poprečnog presjeka postavljena u vakuumu na međusobnoj udaljenosti od 1 m proizvodila između tih vodiča silu jednaku 2×10^{-7} njutna po metru duljine.

termodinamička temperatura

kelvin (K): Kelvin (jedinica termodinamičke temperature) dio je $1/273,16$ termodinamičke temperature trojne točke vode.

količina tvari

mol (mol): Mol je količina tvari u sustavu koji sadržava onoliko elementarnih jedinica koliko ima atoma u 0,012 kilograma ugljika 12. Kad se upotrebljava mol, moraju se navesti elementarne jedinice, a to mogu biti atomi, molekule, ioni, elektroni, druge čestice ili pojedinačno navedene skupine takvih čestica.

svjetlosna jakost

candela (cd): Kandela je svjetlosna jakost izvora koji u danom smjeru zrači jednostojno zračenje frekvencije 540×10^{12} herca i koji ima jakost zračenja u tome smjeru od $1/683$ vata po steradianu.

Nedimenzijske veličine koje se također nazivlju veličinama dimenzije jedan obično se definiraju kao omjeri dviju veličina iste vrste (npr. indeks loma u tablici lijevo omjer je dviju brzina). Prema tomu jedinica nedimenzijske veličine omjer je dviju istovjetnih SI jedinica, te je prema tomu uvijek jednaka jedan.

Međutim pri izražavanju vrijednosti nedimenzijskih veličina jedinica jedan (1) se ne piše.

Određenim izvedenim jedinicama dani su posebni nazivi koji omogućuju da se u sažetu obliku izraze kombinacije osnovnih jedinica koje se često upotrebljavaju. Postoje 22 posebna naziva za jedinice odobrene za uporabu u SI-u.

Izvedene jedinice s posebnim nazivima u SI-u

Izvedena veličina	Naziv izvedene jedinice	Znak izvedene jedinice	Izražena s pomoću drugih jedinica
ravninski kut	radijan	rad	$m/m = 1$
prostorni kut	steradian	sr	$m^2/m^2 = 1$
frekvencija	herc	Hz	s^{-1}
sila	njutt	N	$m\,kg\,s^{-2}$
tlak, naprezanje	paskal	Pa	$N/m^2 = m^{-1}\,kg\,s^{-2}$
energija, rad, količina topline	džul	J	$N\,m = m^2\,kg\,s^{-2}$
snaga, izračeni tijek	vat	W	$J/s = m^2\,kg\,s^{-3}$
električni naboj	kulon	C	sA
razlika električnih potencijala	volt	V	$W/A = m^2\,kg\,s^{-3}\,A^{-1}$
kapacitet	farad	F	$C/V = m^{-2}\,kg^{-1}\,s^4\,A^2$
električni otpor	om	Ω	$V/A = m^2\,kg\,s^{-3}\,A^{-2}$
električna vodljivost	simens	S	$A/V = m^{-2}\,kg^{-1}\,s^3\,A^2$
magnetski tijek	veber	Wb	$V\,s = m^2\,kg\,s^{-2}\,A^{-1}$
gustoća magnetskoga tijeka	tesla	T	$Wb/m^2 = kg\,s^{-2}\,A^{-1}$
induktivnost	henri	H	$Wb/A = m^2\,kg\,s^{-2}\,A^{-2}$
Celzijeva temperatura	Celzijev stupanj	$^{\circ}C$	K
svjetlosni tijek	lumen	lm	$cd\,sr = cd$
osvjetljenje	luks	lx	$lm/m^2 = m^{-2}\,cd$
aktivnost radionuklida	bekerelel	Bq	s^{-1}
apsorbirana doza	grej	Gy	$J/kg = m^2\,s^{-2}$
dozni ekvivalent	sivert	Sv	$J/kg = m^2\,s^{-2}$
katalitička aktivnost	katal	kat	$s^{-1}\,mol$

Premda su herc i bekerel jednaki recipročnoj sekundi, herc se upotrebljava samo za periodične pojave, a bekerel samo za stohastičke procese u radioaktivnome raspadu.

Jedinica je Celzijeve temperature Celzijev stupanj ($^{\circ}\text{C}$) koji je po veličini jednak kelvinu (K). Celzijeva temperatura t povezana je s termodinamičkom temperaturom T jednadžbom:

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15.$$

Desetični višekratnici i nižekratnici SI jedinica

Za uporabu sa SI jedinicama prihvaćen je skup **predmetaka** višekratnika i nižekratnika. Oni se mogu upotrebljavati sa svim osnovnim jedinicama i sa svim izvedenim jedinicama koje imaju posebne nazive.

SI predmetci

Faktor	Naziv	Znak	Faktor	Naziv	Znak
10^1	deka	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hekto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	mikro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	piko	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	eksa	E	10^{-18}	ato	a
10^{21}	zeta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	jota	Y	10^{-24}	jokto	y

Kad se upotrebljavaju predmetci, naziv predmetka i naziv jedinice sastavljaju se kako bi činili jednu riječ te se slično znak predmetka i znak jedinice pišu bez razmaka kako bi činili jedan znak koji se može potencirati.

Naprimjer, možemo pisati: kilometer (km); mikrovolt (μV); $50 \text{ V/cm} = 50 \text{ V} (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 5000 \text{ V/m}$.

Kilogram (kg) je iznimka jer premda je on osnovna jedinica, njegov naziv iz povijesnih razloga sadrži predmetak kilo. Višekratnici i nižekratnici kilograma pišu se dodavanjem predmetka gramu: tako pišemo miligram (mg), ali ne mikrokilogram (μkg).

Jedinice izvan SI-a

SI je jedini sustav jedinica koji je univerzalno prihvaćen tako da on ima posebnu prednost u uspostavljanju međunarodnoga dijaloga. Ipak iz povijesnih razloga još se široko upotrebljavaju neke jedinice izvan SI-a kako bi se zadovoljile potrebe interesnih skupina ili jer ne postoji prikladna SI zamjena. Znanstvenicima uvijek treba ostaviti pravo da upotrebljavaju jedinice koje su najprikladnije svrsi. Međutim kad se upotrebljavaju SI jedinice izvan sustava uvijek treba navesti njihove faktore pretvorbe prema SI jedinicama (s nekoliko iznimaka veoma poznatih jedinica izvan SI-a).

Neke od najvažnijih i najpoznatijih jedinica izvan SI-a koje su odobrene za uporabu sa SI-em jesu minuta (znak min), sat (znak h) i dan (znak d) kao jedinice vremena.

Uporaba SI-a za iskazivanje vrijednosti veličina

Vrijednost veličine piše se kao umnožak broja i jedinice. Između broja i jedinice uvijek se ostavlja jedan prostorni razmak. Brojčana vrijednost ovisi o odabiru jedinice, tako da ista vrijednost veličine može imati različite brojčane vrijednosti kad se iskazuje u različitim jedinicama. Npr. brzina bicikla može biti $v = 5,0 \text{ m/s} = 18 \text{ km/h}$.

Znakovi veličina tiskaju se kurzivom. Mogu se upotrebljavati velika ili mala slova.

Znakovi jedinica tiskaju se uspravnim slovima bez obzira na vrstu slova koja se upotrebljava u preostalom tekstu. To su matematički entiteti, a ne kratice; iza njih se nikad ne stavlja točka (osim na kraju

rečenice) niti se sklanjaju (kao kratice). Oni se pišu malim slovima osim što je prvo slovo veliko kad je jedinica nazvana po osobi (npr. amper (A), kelvin (K), herc (Hz), kulon (C), ali metar (m), sekunda (s)). Obeznačajna je uporaba ispravnog oblika za znakove jedinica.

Za svaku veličinu postoji samo jedna SI jedinica. Međutim ista se SI jedinica može upotrebljavati za izražavanje vrijednosti nekoliko različitih veličina. Npr. SI jedinica J/K može se upotrebljavati i za izražavanje toplinskoga kapaciteta i za entropiju. Važno je prema tomu da se za određivanje veličine ne upotrebljava samo jedinica.

Pri pisanju brojeva desetični znak može biti točka ili zarez, kako je uobičajeno u jeziku ostaloga teksta.

Kad broj ima više znamenaka, obično se radi lakšeg čitanja znamenke razvrstavaju oko desetičnog zareza u skupine po tri samo (malim) razmakom; nije potrebno upotrebljavati ni točku ni zarez.

Budući da su znakovi jedinica matematički entiteti, s njima se može postupati prema uobičajenim algebarskim pravilima. Naprimjer, jednadžba $T = 293 \text{ K}$ može se jednako napisati kao $T/\text{K} = 293$. Taj se postupak opisuje kao uporaba računala s veličinama ili kao algebra veličina. Za uporabu često je koristan omjer veličine s njezinom jedinicom u naslovima stupaca u tablicama ili pri označivanju osi na grafikonima tako da vrijednosti koje se upisuju u tablice ili oznake na osima budu jednostavno brojevi.

Za dodatne informacije vidi mrežnu stranicu Međunarodnog ureda za utege i mjere (BIPM-a)

<http://www.bipm.org>

Ovaj je sažetak 8. izdanja SI brošure priredio Savjetodavni odbor za jedinice (CCU) Međunarodnog odbora za utege i mjere (CIPM-a), a objavio ga je BIPM.

Ernst Gobel, predsjednik CIPM-a
Ian Mills, predsjednik CCU-a
Andrew Wallard, direktor BIPM-a

Ožujak 2006

Međunarodni ured za utege i mjere



Međunarodni ured za utege i mjere (BIPM)

Međunarodna organizacija
Dogovora o metru

Pavillon de Breteuil
F-92312 Sèvres France



Državni zavod
za mjeriteljstvo