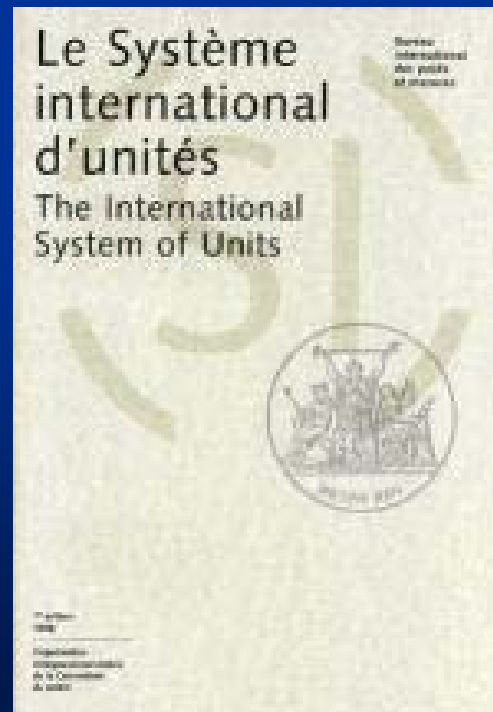


# METROLOGIJA

## MERNE JEDINICE





# JEDINICE MEĐUNARODNOG SISTEMA JEDINICA (SI)

***Merna jedinica*** je pojedinačna veličina, usvojena i definisana dogovorom, sa kojom se porede veličine iste vrste da bi se kvantitativno izrazile u odnosu na tu veličinu.

***Merna jedinica*** opisuje fizičku veličinu, njen naziv i oblik propisuje CGPM



# JEDINICE MEĐUNARODNOG SISTEMA JEDINICA (SI)

*Međunarodni sistem  
jedinica, SI, je*

- koherentni sistem mernih jedinica
- koji je usvojila i preporučila  
Generalna konferencija za tegove i  
mere (CGPM)



# JEDINICE MEĐUNARODNOG SISTEMA JEDINICA (SI)

*Koherentni sistem (mernih) jedinica*  
je sistem u kojem su sve izvedene  
jedinice vezane za osnovne preko  
fizičkih konstanti

# PRAVILA PISANJA MERNIH JEDINICA

- Latinična mala uspravna slova osim za jedinice čije ime je izvedeno iz ličnog imena

1 m

1 Gy

- Iza simbola ne stoji tačka

1 m /

# PRAVILA PISANJA MERNIH JEDINICA (nastavak)

- Između simbola i broja se nalazi jedan prazan prostor

1 m  


- U novi red se ne sme preneti samo oznaka jedinice

1 Gy

1  
Gy

# PRAVILA PISANJA MERNIH JEDINICA (nastavak)

- Nazivi mernih jedinica pišu se malim početnim slovom (osim na početku rečenice), važi i za jedinice koje su dobile naziv po imenu naučnika

Metar je jedinica za dužinu

Jedinica za dužinu je metar

Jedinica za apsorbovanu dozu je grej

# PRAVILA PISANJA MERNIH JEDINICA (nastavak)

- Oznake mernih jedinica pišu se bez tačke na kraju, izuzev pri normalnoj interpunkciji, tj. na kraju rečenice

1 m

Jedinica za dužinu se označava sa m.



# PRAVILA PISANJA MERNIH JEDINICA (nastavak)

Naziv predmetka SI i naziv merne jedinice pišu se zajedno kao jedna reč

milimetar: mm

terabekerel: TBq

Ukoliko se koristi jedinica koja nije zakonska piše se punim imenom (čoveksivert, a ne čovek Sv)

# PRAVILA PISANJA (nastavak)

•Opseg vrednosti, više vrednosti, mere i tolerancije pišu se prema sledećim primerima:

<i>Pravilno</i>	<i>Pogrešno</i>
$25^{\circ}C \pm 5^{\circ}C, (25 \pm 5)^{\circ}C$	$25 \pm 5^{\circ}C$
2 kg, 3 kg i 4 kg	2, 3 i 4 kg
80 mm x 25 mm x 50 mm	80 x 25 x 50
20 kg do 30 kg	20 - 30 kg

# PREFIKSI

Naziv	Faktor	Simbol	Naziv	Faktor	Simbol
Jota	$10^{24}$	Y	Deci	$10^{-1}$	d
Zeta	$10^{21}$	Z	Centi	$10^{-2}$	c
Eksa	$10^{18}$	E	Mili	$10^{-3}$	m
Peta	$10^{15}$	P	Mikro	$10^{-6}$	$\mu$
Tera	$10^{12}$	T	Nano	$10^{-9}$	n
Giga	$10^9$	G	Piko	$10^{-12}$	p
Mega	$10^6$	M	Femto	$10^{-15}$	f
Kilo	$10^3$	k	Ato	$10^{-18}$	a
Hekto	$10^2$	h	Zepto	$10^{-21}$	z
Deka	$10^1$	da	Jokto	$10^{-24}$	y

$10^{12}$  -  $10^{-12}$  11. CGPM (1960)

$10^{18}$  -  $10^{-18}$  15. CGPM (1975)

$10^{24}$  -  $10^{-24}$  19. CGPM (1991)

Nije dozvoljeno kombinovanje prefiksa : 1 nm. *NE* 1 m $\mu$ m

# PREFIKSI ZA BINARNE MULTIPLE

1998 IEC standardizuje prefikse za binarne multiple koji se koriste za procesiranje i prenos podataka

Faktor	Ime	Simbol	Poreklo	Izvod
$2^{10}$	kibi	Ki	kilobinary: $(2^{10})^1$	kilo: $(10^3)^1$
$2^{20}$	mebi	Mi	megabinary: $(2^{10})^2$	mega: $(10^3)^2$
$2^{30}$	gibi	Gi	gigabinary: $(2^{10})^3$	giga: $(10^3)^3$
$2^{40}$	tebi	Ti	terabinary: $(2^{10})^4$	tera: $(10^3)^4$
$2^{50}$	pebi	Pi	petabinary: $(2^{10})^5$	peta: $(10^3)^5$
$2^{60}$	exbi	Ei	exabinary: $(2^{10})^6$	exa: $(10^3)^6$

## Primeri i poređenje sa SI prefiksima

1 kibibit	1 Kibit = $2^{10}$ bit = 1024 bit
1 kilobit	1 kbit = $10^3$ bit = 1000 bit
1 mebibyte	1 MiB = $2^{20}$ B = 1 048 576 B
1 megabyte	1 MB = $10^6$ B = 1 000 000 B
1 gibibyte	1 GiB = $2^{30}$ B = 1 073 741 824 B
1 gigabyte	1 GB = $10^9$ B = 1 000 000 000 B

# LEGISLATIVA

- Zakonska regulativa zemalja članica OIML ustanovljava pravila upotrebe mernih jedinica, kao i upotrebu mernih jedinica u posebnim oblastima kao što su zdravstvo, javna sigurnost i edukacija.

-Vlada Srbije propisuje zakonske merne jedinice koje se koriste i način njihove upotrebe (Zakon o metrologiji, "Službeni list SCG", br. 44/2005)

- OIML vodi računa o harmonizaciji legislative

# OSNOVNE MERNE JEDINICE

FIZIČKA VELIČINA	NAZIV	SIMBOL
<i>Dužina</i>	metar	m
<i>Masa</i>	kilogram	kg
<i>Vreme</i>	sekunda	s
<i>Jačina električne struje</i>	amper	A
<i>Termodinamička temperatura</i>	kelvin	K
<i>Količina (gradiva) supstancije</i>	mol	mol
<i>Jačina svetlosti (svetlosna jačina)</i>	kandela	cd

# Jedinica dužine: metar [m]

Metar je dužina puta koji svetlost pređe u vakuumu za vreme od  $1/299792458$  sekunde

$$c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**1872:** Metar je definisan prema prototipu napravljenom 1799.

**28.9.1889:** Prototip metra je smešten u BIPM

**1960:** CGPM prihvata definiciju metra preko talasne dužine zračenja u vakuumu koje odgovara prelazu između specifičnih energetskih nivoa atoma kriptona-86.

## Jedinica mase: kilogram [kg] (3. CGPM, 1901)

Kilogram je jedinica mase i jednak je masi međunarodnog prototipa kilograma

Međunarodni prototip (1880.):  
smeša 90 % platine i 10 % iridijuma.

Poslednja osnovna jedinica definisana materijalnim artefaktom.



# Jedinica za vreme: sekund(a) [s]

Sekunda je trajanje 9 192 631 770 perioda zračenja koje odgovara prelazu između dva hiperfina nivoa osnovnog stanja atoma cezijuma -133 (važi za  $T = 0 \text{ K}$ )

Sekunda se realizuje primarnom cezijumskom frekvencijom na oko  $2 \times 10^{-15}$  ekvivalentom od 1 s na 15 miliona godina.

# Jačina električne struje: amper

[A] *André-Marie Ampère (1775, Lion, Francuska-1836, Marselj, Francuska)*

Amper je stalna električna struja koja proizvodi silu jednaku  $2 \times 10^{-7}$  N/m između:

- dva prava paralelna provodnika,
- neograničene dužine i
- zanemarljivo malog kružnog poprečnog preseka,
- koji se nalaze u vakuumu
- na međusobnom rastojanju od 1 m

**Amper: realizacija preko vata pomoću strujne vage.**

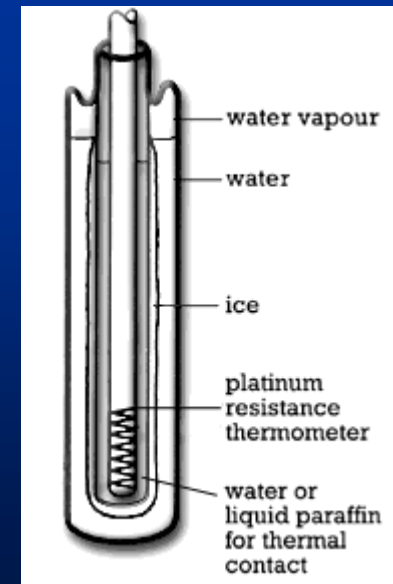
# Termodinamička temperatura: kelvin [K]

Vilijam Tompson 1. baron (od reke) Kelvin (1824- 1907, UK)

Kelvin je jedinica termodinamičke temperature i predstavlja  $1/273,16$  termodinamičke temperature trojne tačke vode.

Temperatura u jedinicama Celzijusovih stepena:  $t = T - T_0$  :  
 $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15$

K i  $^{\circ}\text{C}$  su jedinice Međunarodne temperaturene skale **International Temperature Scale iz 1990 (ITS-90)** 0.65 K to 3000 K



# Jačina svetlosti (svetlosna jačina): kandela (cd)

Kandela je svetlosna jačina (jačina svetlosti), u određenom pravcu, izvora koji emituje monohromatsko zračenje frekvencije  $540 \times 10^{12}$  herca i čija je jačina zračenja u tom pravcu  $1/683$  W/steradianu.

Definicija je bazirana na luminansi crnog tela na tački mržnjenja platine. Usvojena je na 16, CGPM (1979) Rezolucija 3.

# IZVEDENE MERNE JEDINICE

Nazivi i oznake izvedenih jedinica SI obrazuju se od naziva i oznaka osnovnih jedinica SI na osnovu algebarskih izraza upotrebom matematičkih simbola množenja i deljenja

Definicije izvedenih jedinica SI izvode se iz definicija odgovarajućih veličina, uzimajući u obzir i faktore izražene brojem.

Izvedene jedinice mogu biti:

(1) **Jedinice izražene preko osnovnih jedinica:** površina, zapremina, brzina, ubrzanje, gustina, specifična zapremina, gustina struje, jačina magnetnog polja, koncentracija,

(2) **Jedinice koje imaju specijalne nazive i simbole i jedinice koje sadrže jedinice sa specijalnim nazivima i simbolima:** radijan, steradian, Hz, Pa, N, J, V, C, W, F,  $\Omega$ , S, Wb, T, henri, celzijusov stepen, Bq, Gy, S,

(3) **Jedinice koje se koriste za bezdimenzione veličine ili veličine čija je dimenzija 1**

# Jedinice izražene preko osnovnih jedinica (1)

<b>Izvedena veličina</b>	<b>Naziv</b>	<b>Simbol</b>
Površina	kvadratni metar	$m^2$
Zapremina	kubni metar	$m^3$
Brzina	metar u sekundi	$m/s$
Ubrzanje	metar u sekundi na kvadrat	$m/s^2$
Talasni broj	recipročni metar	$m^{-1}$
Gustina, masena gustina	kilogram po kubnom metru	$kg/m^3$
Specifična zapremina	kubni metar po kilogramu	$m^3/kg$
Gustina struje	amper po kvadratnom metru	$A/m^2$
Jačina magnetnog polja	amper po metru	$A/m$
Koncentracija (količina supstancije)	mol po kubnom metru	$mol/m^3$
Luminansa	kandela po kvadratnom metru	$cd/m^2$
Indeks refrakcije	broj jedan	1

# Jedinice koje imaju specijalne nazive (2)

Izvedena veličina	Naziv	Simbol	SI	osnovna SI
Ugao u ravni	radian	rad		$m \cdot m^{-1} = 1$
Prostorni ugao	steradian	sr		$m^2 \cdot m^{-2} = 1^{(b)}$
Frekvencija	herc	Hz		$s^{-1}$
Sila	njutn	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Pritisak	paskal	Pa	$N/m^2$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energija, rad, količina toplote	džul	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Snaga	vat	W	$J/s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Električno naelektrisanja, količina elektriciteta	kulon	C		$s \cdot A$
Razlika električnog potencijala, elektromotorna sila	volt	V	$W/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Kapacitivnost	farad	F	$C/V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Električna otpornost	om	$\Omega$	$V/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Električna provodnost	simens	S	$A/V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Magnetni fluks	veber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Magnetna indukcija, Gustina magnetnog fluksa	tesla	T	$Wb/m^2$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Induktivnost	henri	H	$Wb/A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Celsiusova temperatura	stepen Celsius	$^{\circ}C$		K
Fluks svetlosni	lumen	lm	$cd \cdot sr^{(c)}$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
Illuminancija	luks	lx	$lm/m^2$	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
Aktivnost/activity (za radionuklide)	bekerelel	Bq		$s^{-1}$
Apsorbovana doza, specifična energija, kerma	grej	Gy	$J/kg$	$m^2 \cdot s^{-2}$
Ekvivalent doze	sivert	Sv	$J/kg$	$m^2 \cdot s^{-2}$

# Jedinica za količinu naelektrisanja: kulon [C]

(Charles Augustin de Coulomb: 1736- 1806, Pariz, Francuska)

1 kulon je naelektrisanje koje nosi struja od 1 A u toku 1 s

$$C = A \cdot s$$

Kulon je ujedno i jedinica električnog fluksa (Gausov zakon)

Kulonov zakon:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

E - jačina električnog polja normalnog na površinu radijusa r  
Q - količina obuhvaćenog naelektrisanja  
 $\epsilon_0$  - permitivnost slobodnog prostora

1 C =  $6.24150962915265 \times 10^{18}$  elementarnih naelektrisanja

1 C =  $1.036 \times N_A \times 10^{-5}$  elementarnih naelektrisanja



# Jedinica za razliku električnog potencijala: volt [V]

(Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta: 1745-1827, Italija)

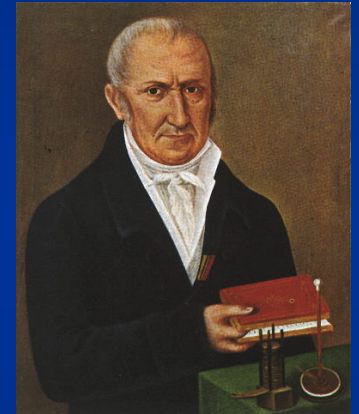
Broj volti je mera jačine električnog izvora u smislu koliko snage je proizvela data struja.

Volt je definisan ka razlika potencijala u provodniku kada struja od 1 A gubi snagu od 1 W.

$$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1} = 1 \text{ J/C}$$

Tehnička definicija volta - linearni integral električnog polja :

$$V_a - V_b = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b E \cos \phi dl.$$



Nominalni naponi nekih izvora:

- akcioni potencilaj nervne ćelije: 40 mV
- potencijal jedne ćelije akumulatora: 1,5 V
- potencijal automobilskog električnog sistema: 12 V
- potencijal kućne instalacije: 220 V
- munja: 100 MV

# Jedinica za električnu kapacitivnost: farad [F]

(Michael Faraday (1791-1867, Engleska))

Kondenzator ima kapacitivnost od 1 F kada nakupljeno naelektrisanje od 1 C prouzrokuje potencijalnu razliku od 1 V između ploča kondenzatora

$$F = C \cdot V^{-1} = m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$$

Češće:  $\mu F$ , nF, pF, fF (kod integralnih kola)

*Farad NIJE faradej (stara jedinica za količinu naelektrisanja, zamenjena sa C)*



# Jedinica za električnu otpornost: om [ $\Omega$ ]

( Georg Simon Ohm: 1789-1854, Nemačka)

Om je otpornost koju proizvodi potencijalna razlika od 1V kada protiče struja od 1 A

$$1 \Omega = 1 \text{ V/A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$$

Omov zakon: odnos između napona i struje

1990: zamenjen materijalni artefakt kvantnim Holovim efektom

Holovof efekat odgovara pojavi  
Holovog napona

# Jedinica za magnetni fluks: veber [Wb]

(Wilhelm Eduard Weber: 1804-1891, Nemačka)

Definiše se iz faradejevog zakona. Promena fluksa od 1 Wb u sekundi indukuje elektromotornu silu od 1 V.

$$1 \text{ Wb} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1} = \text{V} \cdot \text{s} = \text{T} \text{ m}^2$$

Wb je velika jedinica =  $10^8$  maksvela  $1 \text{ maxwell} = 1 = 10^{-8}$  weber

# Jedinica za magnetnu indukciju: tesla [T]

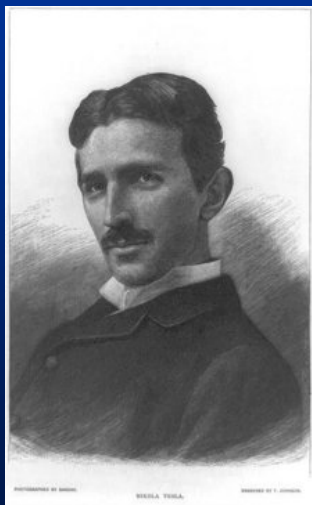
SI jedinica za gustinu magnetnog polja(magnetna indukcija)

**Nikola Tesla: (10.7.1856, Smiljan, Gospić, na Vojnoj granici Habzburške monarhije - 7.1.1943., Njujork, USA)**

Tesla je vrednost ukupnog magnetskog fluksa (magnetna snaga) po jedinici površine.

$$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$$

Milorad Protić: miniplaneta 224 TESLA



# Jedinica za induktansu: henri [H]

(Joseph Henry: 1797-1878, Amerika)

Ako se u strujnom kolu jačina struje promeni za 1 A/s uz rezultujuću elektromotornu silu od 1 V onda je induktivnost kola 1 henri.

$$1 \text{ H} = \text{Wb/A} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$$

# Jedinica za temperaturu: stepen celzijusov [°C ]

(Anders Celsius : 1701-1744, Švedska)



Danaiel Gabriel  
Fahrenheit (1686-1736,  
Nemačka)



Konverzionu oblik	Konverzija u ...	Formula
Celsius	Farenhajt	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1.8 + 32$
Farenhajt	Celzijus	$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1.8$
Celzijus	Kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$
Kelvin	Celzijus	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273.15$

# Jedinica za snagu: vat [W]

(James Watt: 1736 - 1819, Engleska)

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s}$$

Konverzije:

$$1 \text{ W} = 3,412 \text{ BTU/h (British thermal unit)}$$

$$1 \text{ KS} = 745,7 \text{ W}$$

$$1 \text{ KS (električna, britanska)} = 746 \text{ W}$$

$$1 \text{ KS (električna, evropska)} = 736 \text{ W}$$

$$1 \text{ KS (metrička)} = 735,499 \text{ W}$$



# DOPUŠTENE MERNE JEDINICE VAN SI

Jedinica van SI		Vrednost izražena jedinicama SI	Dozvoljena upotreba samo
naziv	oznaka		
morska milja		1 morska milja = 1 852 m	u pomorskom, rečnom i vazdušnom saobraćaju
astronomska jedinica		1 astronomska jedinica = $1,495\,978\,7 \times 10^{11}$ m približno	u astronomiji
svetlosna godina		1 svetlosna godina = $9,460\,730 \times 10^{15}$ m približno	u astronomiji
parsek	pc	1 pc = $30,856\,78 \times 10^{15}$ m približno	u astronomiji
ar	a	1 a = $100\text{ m}^2$	za izražavanje površine zemljišta
hektar	ha	1 ha = $10\,000\text{ m}^2$	za izražavanje površine zemljišta
litar	l, L	1 l = 1 L = $10^{-3}\text{ m}^3$	
stepen (ugaoni)	°	1° = ( $\pi / 180$ ) rad	
minut(a) (ugaona)	'	1' = ( $\pi / 10\,800$ ) rad	
sekund(a) (ugaona)	"	1" = ( $\pi / 648\,000$ ) rad	
gon °	gon	1 gon = ( $\pi / 200$ ) rad	
tona	t	1 t = $10^3$ kg	
unificirana jedinica atomske mase	u	1 u = $1,660\,540\,2 \times 10^{-27}$ kg približno	jednaka je 1/12 mase atoma nuklida $^{12}\text{C}$ .

# DOPUŠTENE MERNE JEDINICE VAN SI (nastavak)

Jedinica van SI		Vrednost izražena jedinicama SI	Dozvoljena upotreba samo
naziv	oznaka		
teks	tex	$1 \text{ tex} = 10^{-6} \text{ kg/m}$	za izražavanje podužne mase tekstilnog vlakna i konca
minut(a)	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$	
sat ili čas	h	$1 \text{ h} = 3\,600 \text{ s}$	
dan	d	$1 \text{ d} = 86\,400 \text{ s}$	
čvor		$1 \text{ čvor} =$ $1\,852/3\,600 \text{ m/s}$	u pomorskom, rečnom i vazdušnom saobraćaju
bar	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$	
milimetar živinog stuba	mmHg	$1 \text{ mm Hg} =$ $101\,325 / 760 \text{ Pa}$	u zdravstvu za izražavanje krvnog pritiska
elektron	eV	$1 \text{ eV} =$ $1,602\,177\,33 \cdot 10^{-19} \text{ J}$	u specijalizovanim oblastima
volt amper	VA	$1 \text{ VA} = 1 \text{ W}$	za izražavanje prividne snage električne naizmjenične struje
var	var	$1 \text{ var} = 1 \text{ W}$	za izražavanje električne reaktivne snage

Broj izvedenih  
jedinica SI nije  
ograničen.

