

Metrologie

Složené z řeckého *metron* = měřidlo, míra; *logos* = slovo, řeč. Metrologie je nauka o přesném měření všech veličin.

Metrologie v českém státě

Mezníky metrologie v českých zemích

Rok	Událost
1268	Královské míry - nařízení krále Přemysla Otakara II. o tzv. obnovení měr a vah
1358	Karel IV. - úprava měr, praktické rozšíření měr pražských
	Ferdinand I. Habsburský - usnesení sněmu, sjednocení délkových a objemových měr a vah - cejchování, zavedení sankcí (1554 bylo usnesení kvůli problémům s prosazením odvoláno)
1549	
1614	Matyáš - další usnesení sněmu o sjednocení jednotek
1705	Měřičský spis Ondřeje Bernarda Klausera s definicí jednotek
1765	Císařský patent Marie Terezie zavádí dolnorakouské míry a váhy
1875	Rakousko přistoupilo k metrické konvenci
1922	Československo přistoupilo k metrické konvenci
1955	Zřízení Státní úřad pro míry, váhy a drahé kovy
1959	Zřízení Úřad pro normalizaci
1962	Zřízení Úřad pro normalizaci a měření
1962	Zákon č. 35/1962 Sb. o měrové službě
1963	ČSN 01 1300 Zákonné měrové jednotky
1966	Zřízení Metrologický ústav v Praze
1975	Novelizace Zákona o měrové službě č. 57/1975 Sb.
1980	Soustava jednotek SI (1. 1. 1980)
1990	Zákon o metrologii č. 505/1990 Sb.
1991	Zřízení Státní metrologický inspektorát
1993	Zřízení Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
1993	Zřízení Český metrologický institut (ČMI)
1995	Obnova a rozšíření soustavy českých národních etalonů a metrologických služeb
1998	ČMI přijat za plnoprávného člena EUROMET
2000	Novelizován zákon o metrologii

Délky – staré a cizí jednotky

Jednotka	Zkr. Koeficient	Poznámka
míle poštovní (vídeňská)	7585,936	Vídeňská délková jednotka - u nás platná v letech 1764 až 1876.
rakouská čárka	0,002195	
míle česká	7529,76	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II. Její hodnota byla v různých dobách a na různých místech rozdílná.
hon	125,496	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II. 1 hon = 5 provazců = 210 loktů. Značil vzdálenost, kterou zdravý člověk dokázal uběhnout, aniž by odpočíval.
sáh staročeský	1,7928	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II.
loket pražský	0,5976	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II.
píd'	0,1992	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II.
čtvrť	0,1494	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II.
dlaň	0,07968	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II.
prst	0,01992	Staročeská jednotka zavedená Přemyslem Otakarem II.
loket český	0,5914	Staročeská jednotka.
loket slezský	0,5785	Staročeská jednotka.
provazec zemský (Přemysl Ot.II.)	25,26	Staročeská jednotka (Přemysl Ot.II.).
stopa česká	0,2964	Staročeská jednotka.
stopa moravská	0,2959	Staročeská jednotka.
stopa slezská	0,2894	Staročeská jednotka.

Koeficient

Hodnota kolikrát se základní jednotka (metr - m) "vejde" do dané jednotky. Například 7585,936 u staré jednotky délky *míle poštovní* znamená, že 1 míle poštovní = 7585,936 metrů.

Metrické systémy

Snahou vědců bylo zjednodušit svá měření, výpočty a komunikaci mezi svými kolegy po celém světě. Existovaly dva základní směry, jaký systém zavést: vědci pracující v laboratořích užívali "malé" jednotky (centimetry, gramy); vědci pracující "venku" naopak potřebovali větší míry (metry, kilogramy). Od těchto základních jednotek pak byly odvozeny jednotky pro ostatní veličiny (např. síla, tlak, práce, výkon apod.). Vznikly tak dva metrické systémy [CGS](#) (centimetr, gram, sekunda) a **MKS** (metr, kilogram, sekunda).

MKS systém

Systém byl zaveden v roce 1889 organizací [BIPM](#) (*Bureau of Weights and Measures*). Ve 20. století se začal tento systém užívat více než starší [CGS systém](#). Systém *MKS* je založen na používání jednotky *metr* pro měření délky, jednotky *kilogram* pro měření hmotnosti a jednotky *sekunda* pro měření času.

V *MKS* systému se násobky a díly odvozují pomocí násobků a podílů 10 což výrazně ulehčuje práci oproti nemetrickým systémům (např. [FPS](#)).

Tabulka uvádí některé jednotky *MKS* systému:

MKS jednotka	Veličina
ampér (A)	elektrický proud
coulomb (C)	elektrický náboj
farad (F)	kapacita
henry (H)	indukčnost
joule (J)	práce, energie
kelvin (K)	teplota
kilogram (kg)	hmotnost
metr (m)	délka
metr za sekundu ($m \cdot s^{-1}$)	rychlost
metr za sekundu na druhou ($m \cdot s^{-2}$)	zrychlení
newton (N)	síla
ohm (Ω)	odpor
pascal (Pa)	tlak
sekunda (s)	čas
tesla (T)	magnetická indukce
volt (V)	elektromagnetické napětí
weber (W)	magnetický indukční tok
watt (W)	výkon

Imperiální (UK) měrný systém

Vybrané jednotky imperiálního (UK) měrného systému.

Délka

- 12 inches = 1 foot
- 3 feet = 1 yard
- 22 yards = 1 chain
- 10 chains = 1 furlong
- 8 furlongs = 1 mile
- 5280 feet = 1 mile
- 1760 yards = 1 mile

Objem

- 1728 cu. inches = 1 cubic foot
- 27 cu. feet = 1 cubic yard

Objem

- 20 fluid ounces = 1 pint
- 4 gills = 1 pint
- 2 pints = 1 quart
- 4 quarts = 1 gallon (8 pints)

Hmotnost (Avoirdupois)

- 437,5 grains = 1 ounce
- 16 ounces = 1 pound (7000 grains)
- 14 pounds = 1 stone
- 8 stones = 1 hundredweight [cwt]
- 20 cwt = 1 ton (2240 pounds)

Trojské hmotnosti

- 24 grains = 1 pennyweight
- 20 pennyweights = 1 ounce (480 grains)
- 12 ounces = 1 pound (5760 grains)

Přístupy k definování jednotek (z historického hlediska):

a) takové, které **vycházejí z člověka a jeho rozměrů**, např. lokte (původně vzdálenost od loketního kloubu ke špičce nataženého prostředníku), sáhy (kam dosáhne stojící člověk), palce (šířka nejsilnějšího prstu), yardy (míra definovaná vzdáleností mezi špičkou nosu a palcem natažené ruky jistého anglického krále). Variací jsou míry dané tím, co člověka v každodenním životě obklopovalo (sem patří např. svrchuzmíněná jízdní dosažitelnost za určitý časový úsek, nebo klenotnická jednotka *karát*, užívaná k vážení drahokamů: dnes značí 0,2 g, ale původně to byla váha jednoho semínka stromu *qirat* nebo *kirrab* – přepis se v různých pramenech liší).

b) **jednotky odvozené od rozměrů světa**. *De facto* se v celých dějinách lidstva objevila pouze jedna taková soustava, a to původní metrická (metr = 1/10 000 000 zemského kvadrantu, litr = decimetr krychlový, kilogram = váha 1 l vody, kalorie = množství tepla potřebné k tomu, aby se 1 l vody ohřál o 1 Celsiův stupeň atd.). Její vznik byl prvním osvícenským pokusem postavit systém měr a vah na neměnných konstantách, avšak v praxi nepřežila ani dvě století. Vědecký rozvoj totiž záhy dokázal, že hodnota oněch „neměnných konstant“ kolísá působením vlivů, s nimiž původní definisté nepočítali – a kromě toho i ten zemský kvadrant vypočítali špatně...

c) **jednotky stanovené podle jevů, považovaných za stejné v celém vesmíru bez ohledu na vnější vlivy** – nebo s přesně danými podmínkami, za nichž k nim dochází (viz současnou definici metru: *jako násobku vlnové délky záření čehosi procházejícího čímisi za takové a takové teploty...*

Mezinárodní soustava jednotek SI (Système International d'Unités)

Vychází ze soustavy MKSA a dále ji rozvíjí. Jednotky soustavy lze rozdělit do několika kategorií:

- [základní](#)
- [doplňkové](#)
- [odvozené](#)
- [násobné a dílčí](#)
- [vedlejší](#)

Základní jednotky

Základní jednotky jsou vhodně zvolené jednotky základních veličin. Každá základní veličina má pouze jednu hlavní jednotku, která slouží současně jako základní jednotka. V mezinárodní soustavě jednotek SI je sedm základních jednotek v dohodnutém pořadí:

Veličina	Jednotka	Značka
délka	metr	m
hmotnost	kilogram	kg
čas	sekunda	s
elektrický proud	ampér	A
termodynamická teplota	kelvin	K
látkové množství	mol	mol
svítivost	kandela	cd

Mezinárodní soustava jednotek SI (Système International d'Unités)

Základní jednotky - definice

metr

délka dráhy, kterou proběhne světlo ve vakuu za $1/299\,792\,458$ sekundy

kilogram

hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu uloženého v Mezinárodním úřadě pro váhy a míry v Sévres u Paříže

sekunda

doba rovnající se $9\,192\,631\,770$ periodám záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133

ampér

stálý elektrický proud, který při průchodu dvěma přímými rovnoběžnými nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu umístěnými ve vakuu ve vzájemné vzdálenosti 1 metr vyvolá mezi nimi stálou sílu $2 \cdot 10^{-7}$ newtonu na 1 metr délky vodiče

kelvin

kelvin je $1/273,16$ termodynamické teploty trojného bodu vody

mol

mol je látkové množství soustavy, která obsahuje právě tolik elementárních jedinců (entit), kolik je atomů v 0,012 kilogramu nuklidu uhlíku ${}_{6}^{12}\text{C}$ (přesně)

kandela

kandela je svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření o kmitočtu $540 \cdot 10^{12}$ hertzů a jehož zářivost v tomto směru je $1/683$ wattu na steradián

Mezinárodní soustava jednotek SI
Mezinárodní soustava jednotek SI
(Systeme International d'Unités)

Doplňkové jednotky

Doplňkové jednotky jsou to takové jednotky, o nichž Generální konference pro váhy a míry dosud nerozhodla, zda mají být zařazeny mezi základní jednotky nebo jednotky odvozené.

Veličina	Jednotka	Značka
rovinný úhel	radián	rad
prostorový úhel	steradián	sr

radián

rovinný úhel sevřený dvěma polopřímkami, které na kružnici opsané z jejich počátečního bodu vytínají oblouk o délce rovné jejímu poloměru.

steradián

prostorový úhel s vrcholem ve středu kulové plochy, který na této ploše vytíná část s obsahem rovným druhé mocnině poloměru této kulové plochy.

Mezinárodní soustava jednotek SI - odvozené jednotky

Vznikají pomocí fyzikálních definičních vztahů z jednotek základních nebo doplňkových. K vytváření dalších odvozených jednotek mohou být použity odvozené jednotky, které mají samostatný název. Odvozené jednotky jsou koherentní vzhledem k jednotkám základním, resp. doplňkovým. Některé odvozené jednotky jsou uvedeny v tabulce.

Jednotka	Značka	Veličina	Fyzikální rozměr
m ²		plošný obsah	m ²
m ³		objem	m ³
m ⁻¹		vlnočeta	m ⁻¹
hertz	Hz	frekvence	s ⁻¹
m/s		rychlost	m·s ⁻¹
rad/s		úhlová rychlost	rad·s ⁻¹
m/s ²		zrychlení	m·s ⁻²
rad/s ²		úhlové zrychlení	rad·s ⁻²
kg/m ³		hustota	kg·m ⁻³
m ³ /kg		měrný objem	m ³ ·kg ⁻¹
newton	N	síla	m·kg·s ⁻²
pascal	Pa	tlak, napětí	m ⁻¹ ·kg·s ⁻²
pascalsekunda		dynamická viskozita	m ⁻¹ ·kg·s ⁻¹
m ² /s		kinematická viskozita	m ² ·s ⁻¹
joule	J	energie, práce, teplo	m ² ·kg·s ⁻²
watt	W	výkon	m ² ·kg·s ⁻³
N·m		moment síly	m ² ·kg·s ⁻²
N/m		povrchové napětí	kg·s ⁻²
coulomb	C	elektrický náboj	s·A
C/m ³		hustota elektrického náboje	m ⁻³ ·s·A
volt	V	elektrické napětí, potenciál	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹
V/m		intenzita elektrického pole	m·kg·s ⁻³ ·A ⁻¹
ohm	Ω	elektrický odpor	m ² ·kg·s ⁻³ ·A ⁻²
siemens	S	elektrická vodivost	m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ³ ·A ²
farad	F	elektrická kapacita	m ⁻² ·kg ⁻¹ ·s ⁴ ·A ²
C/m ²		elektrická indukce	m ⁻² ·s·A
farad na metr		permitivita	m ⁻³ ·kg ⁻¹ ·s ⁴ ·A ²
henry	H	indukčnost	m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻²
H/m		permeabilita	m·kg·s ⁻² ·A ⁻²
weber	Wb	magnetický indukční tok	m ² ·kg·s ⁻² ·A ⁻¹
tesla	T	magnetická indukce	kg·s ⁻² ·A ⁻¹
A/m		intenzita magnetického pole	m ⁻¹ ·A
J/K		tepelná kapacita	m ² ·kg·s ⁻² ·K ⁻¹
J/mol		molární vnitřní energie	m ² ·kg·s ⁻² ·mol ⁻¹
W/m ²		hustota tepelného toku	kg·s ⁻³
W/sr		zářivost	m ² ·kg·s ⁻³ ·sr ⁻¹
lumen	lm	světelný tok	cd·sr
lux	lx	osvětlení	m ⁻² ·cd·sr
cd/m ²		jas	m ⁻² ·cd
becquerel	Bq	aktivita	s ⁻¹
C/kg		ozáření (expozice)	kg ⁻¹ ·s·A
gray	Gy	dávka	m ² ·s ⁻²
Gy/s		dávková rychlost	m ² ·s ⁻³

Mezinárodní soustava jednotek SI – vedlejší jednotky

- nepatří do vlastní soustavy SI, ale norma povoluje jejich používání. Tyto jednotky nejsou koherentní vůči základním nebo doplňkovým jednotkám SI. Jejich užívání v běžném praktickém životě je ale tradiční a jejich hodnoty jsou ve srovnání s odpovídajícími jednotkami SI pro praxi vhodnější.

K vedlejším jednotkám času a rovinného úhlu se nesmějí přidávat předpony. Lze používat také jednotek kombinovaných z jednotek SI a jednotek vedlejších nebo i kombinované z vedlejších jednotek, např. $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ nebo $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ apod. Bez časového omezení lze používat poměrových a logaritmických jednotek (např. číslo 1, procento, bel, decibel, oktáva) s výjimkou jednotky neper.

Veličina	Jednotka	Značka	Vztah k jednotkám SI
délka	astronomická jednotka	UA (AU)	$1 \text{ UA} = 1,49598 \cdot 10^{11} \text{ m}$
	parsek	pc	$1 \text{ pc} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$
	světelný rok	ly	$1 \text{ ly} = 9,4605 \cdot 10^{15} \text{ m}$
hmotnost	atomová hmotnostní jednotka	u	$1 \text{ u} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ m}$
	tuna	t	$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$
čas	minuta	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	hodina	h	$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$
	den	d	$1 \text{ d} = 86\,400 \text{ s}$
teplota	Celsiův stupeň	°C	$1 \text{ °C} = 1 \text{ K}$
rovinný úhel	úhlový stupeň	°	$1 \text{ °} = (\pi/180) \text{ rad}$
	úhlová minuta	'	$1 \text{ '} = (\pi/10800) \text{ rad}$
	úhlová vteřina	"	$1 \text{ ''} = (\pi/648000) \text{ rad}$
	grad (gon)	° (gon)	$1 \text{ °} = (\pi/200) \text{ rad}$
plošný obsah	hektar	ha	$1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$
objem	litr	l	$1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$
tlak	bar	b	$1 \text{ b} = 10^5 \text{ Pa}$
energie	elektronvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
optická mohutnost	dioptrie	Dp, D	$1 \text{ Dp} = 1 \text{ m}^{-1}$
zdánlivý výkon	voltampér	VA	
jalový výkon	var	var	

Násobné a dílčí jednotky

Násobné a dílčí jednotky se tvoří pomocí předpon, které také předepisuje norma. U názvu nesmí být použito více než jedné předpony. Předpony pro tvoření násobků a dílů jednotek podle třetí mocniny deseti jsou uvedeny v následující tabulce.

Předpona		Původ	Znamená násobek
Název	Značka		
exa	E	řečtina (exa = šest)	1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}
peta	P	řečtina (pente = pět)	1 000 000 000 000 000 = 10^{15}
tera	T	řečtina (teras = nebeské znamení)	1 000 000 000 000 = 10^{12}
giga	G	řečtina (gigas = obr)	1 000 000 000 = 10^9
mega	M	řečtina (megas = veliký)	1 000 000 = 10^6
kilo	k	řečtina (chiliolo = tisíc)	1 000 = 10^3
mili	m	latina (mille = tisíc)	0,001 = 10^{-3}
mikro	μ	řečtina (mikros = malý)	0,000 001 = 10^{-6}
nano	n	latina (nanus = trpaslík)	0,000 000 001 = 10^{-9}
piko	p	italština (piccolo = maličký)	0,000 000 000 001 = 10^{-12}
femto	f	dánština (femten = patnáct)	0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}
atto	a	dánština (atten = osmnáct)	0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}

Násobné a dílčí jednotky

Kromě těchto předpon je možno užívat i předpon odstupňovaných po **jednom dekadickém řádu**.

Užívání těchto předpon je dovoleno jen ve zvláštních případech, tj. např. hektolitr (hl) nebo centimetr (cm), kterých se běžně užívalo před zavedením nové normy.

Všeobecně se dává přednost užívání předpon odstupňovaných podle třetí mocniny deseti.

Předpona		Původ	Znamená násobek
Název	Značka		
hekto	h	řečtina (hekaton = sto)	100 = 10^2
deka	da	řečtina (dekas = deset)	10 = 10^1
deci	d	latina (decem = deset)	0,1 = 10^{-1}
centi	c	latina (centum = sto)	0,01 = 10^{-2}

Relativní množství (poměr jedné části vůči celku)

Tabulka pro relativní množství (poměr množství)

Název	Zkr.	Podíl	Poznámka
procento	%	1/100	Např. 1 % = 10 000 ppm
promile	‰	1/1000	
parts per million	ppm	1/1 000 000	Atom.ppm (v angl.ppma) hmotn.ppm (v angl. ppmw) objem.ppm (v angl. ppmv) *
parts per billion	ppb	1/1 000 000 000	*
parts per trillion	ppt	1/1 000 000 000 000	ne v SI *

.....plyny s obsahem nečistot v rozsahu ppb (parts per bilion)

....koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře kolísala mezi 180 ppm až 280 ppm (objemových dílů v jednom miliónu). Od roku 1750 atmosférická koncentrace oxidu uhličitého vzrostla o 31 procent na dnešní hodnotu 367 ppm....

...oxid uhelnatý ve vydechovaném vzduchu se udává v jednotkách ppm. Pod 10 ppm CO ve vydechovaném vzduchu lze vyšetřovanou osobu hodnotit jako nekuřáka....