

# Veličiny a jednotky

Rudolf Palenčár, Jean Michel Ruiz, Martin Halaj

## 2.1 Úvod

### 2.1.1 Veličiny

Vlastnosť javu, telesa alebo látky, ktorá sa dá kvalitatívne stanoviť a kvantitatívne určiť sa nazýva (meracia) *veličina*. Pojem veličina sa môže vzťahovať na veličinu vo všeobecnosti (napr. dĺžka, čas, hmotnosť, teplota, atď.) alebo na určitú veličinu (napr. dĺžka tyče, elektrický odpor danej vzorky vodiča a podobne.). Veličiny toho istého druhu sa dajú zoskupovať do kategórií veličín. Vzájomne porovnateľné veličiny sa nazývajú veličiny toho istého druhu a môžu sa zoskupovať do kategórií veličín (napr. práca, teplo, energia; hrúbka, obvod, vlnová dĺžka, atď.).

V rámci systému veličín, ktoré sa používajú v určitej oblasti, sa často dajú odlišiť základné a odvodené veličiny. *Základné* veličiny sa v danom systéme považujú za nezávislé. Napríklad dĺžka, hmotnosť a čas sa vo všeobecnosti považujú v mechanike za nezávislé. Dĺžka, hmotnosť, čas a intenzita elektrického prúdu sa vo všeobecnosti považujú za nezávislé v elektrine a magnetizme.

V rámci základných veličín dĺžka, hmotnosť a čas sa rýchlosť považuje za odvodenú veličinu. *Odvodené* veličiny sa definujú na základe základných veličín pomocou matematických operácií.

Výraz, ktorý reprezentuje veličinu v systéme veličín ako násobok mocnín faktorov, ktoré reprezentujú základné veličiny daného systému, sa nazýva *rozmer veličiny*. *Bezrozmerná veličina* je taká veličina v rozmerovom vyjadrení, ktorej všetky exponenty rozmerov základných jednotiek sa redukujú na nulu.

### 2.1.2 Jednotky

(Meracia) *jednotka* je určitá veličina, definovaná a prijatá dohodou, s ktorou sa porovnávajú ostatné veličiny toho istého druhu, aby sa vyjadrili ich veľkosti vzhľadom na túto veličinu. Treba si uvedomiť, že meracie jednotky majú dohodou priradené názvy a značky. Niekedy môžu mať jednotky veličín toho istého rozmeru tie isté názvy a značky, aj keď to nie sú veličiny toho istého druhu.

*Systém* (meracích) *jednotiek* je sada *základných jednotiek* spolu s *odvodenými jednotkami*, definovaná v súlade s danými pravidlami pre daný systém veličín.

Jednotky by sa pre jednotlivé veličiny mohli tvoriť náhodne. Takýto prístup by vniesol ďalšie problémy s množstvom číselných faktorov v rovniciach s číselnými hodnotami. Preto sa z praktických dôvodov volí systém, kde rovnice medzi číselnými hodnotami majú taký istý tvar ako odpovedajúce rovnice medzi veličinami. Systém jednotiek definovaný takýmto spôsobom sa nazýva *koherentný systém*

s ohľadom na zvolený systém jednotiek a veličín. V ľubovoľnom danom koherentnom systéme jednotiek sa nachádza jediná základná jednotka pre každú základnú veličinu.

*Hodnota* (veličiny) je veľkosť určitej veličiny vo všeobecnosti vyjadrená ako meracia jednotka vynásobená číslom. *Číselná hodnota* (veličiny) je podiel hodnoty veličiny a jednotky použitej na jeho vyjadrenie.

Napríklad dĺžka tyče je

$$l = 1,86 \text{ m}$$

kde

$l$  je značka veličiny dĺžka,

$m$  je značka jednotky dĺžky (meter),

1,86 je číselná hodnota dĺžky tyče vyjadrená v odpovedajúcej jednotke (meter).

Táto rovnica sa dá formálne vyjadriť ako

$$A = \{A\} [A]$$

kde

$A$  je značka veličiny,

$\{A\}$  je číselná hodnota veličiny  $A$ , vyjadrená pomocou jednotky  $[A]$ ,

$[A]$  je značka odpovedajúcej jednotky.

Podobne ako v prípade veličín, aj jednotky sa vytvorili abstrakciou a majú nehmotný charakter. Preto sa nedajú zamieňať s tzv. *zhmotnenými mierami*, ktoré im historicky predchádzali. Napríklad jednotka dĺžky – 1 meter – nie je pravítko dlhé 1 meter a kilogram nie je jednokilogramové závažie, ale obidve veličiny predstavujú manifestáciu určitých vlastností týchto telies.

## 2.2 Veličiny, jednotky a rovnice

S veličinami sa dajú vykonávať tieto matematické operácie:

- dve alebo viac veličín sa môže sčítať alebo odčítať len vtedy, ak sú to veličiny toho istého druhu,
- veličiny sa môžu násobiť alebo deliť v súlade s algebraickými pravidlami. Pre násobok alebo podiel dvoch veličín  $A$  a  $B$  platia tieto pravidlá

$$AB = \{A\} \{B\} \cdot [A][B]$$

$$\frac{A}{B} = \frac{\{A\}}{\{B\}} \cdot \frac{[A]}{[B]}$$

Násobok  $\{A\} \{B\}$  predstavuje číselnú hodnotu veličiny  $AB$  a násobok  $[A][B]$  predstavuje jednotku  $[AB]$  veličiny  $AB$ . To isté platí pre podiel.

Vo vede a technike sa používajú tri druhy rovníc:

- rovnice medzi *veličinami*, kde značka znamená fyzikálnu veličinu,
- rovnice medzi *číselnými hodnotami*,
- rovnice medzi *jednotkami*.

Rovnice medzi číselnými hodnotami závisia od výberu použitých jednotiek, rovnice medzi veličinami od takéhoto výberu nezávisia. Jednotkové rovnice vyjadrujú vzťah medzi jednotkami jednotlivých veličín, ktoré sú vzájomne zviazané pomocou veličinovej rovnice.

Treba zdôrazniť, že značka veličiny sa píše kurzívou, značka jednotky sa píše kolmým písmom, svorkové zátvorky vyjadrujú číselnú hodnotu veličiny a hranaté zátvorky vyjadrujú jednotku veličiny.

### Príklad

Rýchlosť častice pri ustálenom pohybe sa dá vyjadriť rovnicou medzi veličinami

$$v = l/t$$

kde

$v$  je rýchlosť častice,

$l$  je vzdialenosť prekonaná počas časového intervalu  $t$ .

Pre túto rovnicu medzi veličinami sa dajú napísať nasledujúce rovnice medzi číselnými hodnotami:

$$\{v\}_{\text{km/h}} = 3,6 \{l\}_{\text{m}} / \{t\}_{\text{s}}$$

alebo

$$\{v\}_{\text{m/s}} = \{l\}_{\text{m}} / \{t\}_{\text{s}}$$

Rovnica medzi jednotkami nadobúda tvar

$$[v] = [l]/[t]$$

resp.

$$[v] = [l][t]^{-1}$$

Rozmer odvodenej veličiny sa získa z rovnice medzi jednotkami:

$$[v] = \text{km/h}$$

resp.

$$[v] = \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$$

alebo

$$[v] = \text{m/s}$$

prípadne

$$[v] = \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

## 2.3 Metrický systém

Metrický systém bol vytvorený počas Francúzskej revolúcie na konci 18. storočia. Priniesol poriadok do protirečivých a vzájomne si odporujúcich tradičných systémov mier a váh, ktoré sa v tom čase v Európe používali. Zaviedol tieto vlastnosti:

- 1) pre každú *veličinu* sa definuje jediná *jednotka*. Tieto jednotky sú v súčasnosti presne definované v *Medzinárodnom systéme jednotiek SI*,
- 2) názvy pre väčšie a menšie jednotky sa vytvárajú pridaním *predpon* k názvom definovaných jednotiek. Tieto predpony označujú mocniny čísla desať,
- 3) jednotky sa definujú logickým spôsobom a ich vzájomný vzťah je logický.

Prijatie *metrického systému* znamenalo obrovské zjednodušenie pri vedeckých výpočtoch, takisto aj v každodennom živote. Existovali však dva názory na to, ktoré metrické jednotky by sa mali preferovať vo vede. Niektorí dávali prednosť menším jednotkám (napríklad centimetru v prípade dĺžky resp. gramu v prípade hmotnosti), niektorí mal opačný názor (napr. používanie metra na meranie dĺžky alebo kilogramu pri určovaní hmotnosti). Obidve skupiny súhlasili s tým, že jednotky ostatných veličín by sa mali dať ľahko odvodiť od týchto základných jednotiek.

Výsledkom boli dva systémy metrických jednotiek, ktoré sa používali vo vede a v technike. Jeden systém, založený na centimetri, grame a sekunde, sa nazýva *systém CGS*. Druhý systém, založený na metri, kilograme a sekunde sa nazýva *systém MKS*. Preto je pomer medzi jednotkami CGS a odpovedajúcimi jednotkami MKS vždy mocnina čísla desať.

Systém CGS oficiálne zaviedla Britská asociácia pre pokrok vo vede (angl. The British Association for the Advancement in Science) v roku 1874. Takmer okamžite si získala obľubu medzi vedcami a takmer výlučne sa vo vedeckej práci využívala dlhé roky. Medzitým sa ďalší vývoj metrického systému založil na etalónoch metra a kilogramu, vytvorených v roku 1889 Medzinárodným výborom pre váhy a miery (BIPM). Počas dvadsiateho storočia sa systém MKS viac a viac udomáčňoval vo všetkých oblastiach každodenného života. Okolo roku 1950 sa výrazne začali prejavovať problémy medzi používateľmi metrického systému, pretože čoraz častejšie bolo treba prekladať medzi jednotkami CGS a MKS.

V roku 1954 prijala 10. všeobecná konferencia o váhach a mierach (CGPM) meter, kilogram, sekundu, ampér, kelvin, mól a kandelu za základné jednotky pre všetky medzinárodné váhy a miery. V roku 1960 sa pre tento systém jednotiek prijal názov *Medzinárodný systém jednotiek (SI)*. Tieto rozhodnutia definitívne stanovili preferovanie systému MKS pred systémom CGS. Hoci sa ešte doteraz používajú z rôznych dôvodov niektoré jednotky CGS, postupne sa nahrádzajú jednotkami SI, vybranými zo systému MKS.

Tabuľka 2.1 uvádza príklady jednotiek CGS (bez elektromagnetických a elektrostatických jednotiek) a ich ekvivalentov zo systému SI. V niektorých prípadoch sa pre tú istú jednotku používa viacero názvov.

Tab. 2.1 Príklady jednotiek CGS a ich ekvivalentov v sústave SI

| Veličina                   | Jednotka CGS  | Ekvivalent SI                                     |
|----------------------------|---------------|---|
| Tlak                       | barye (ba)    | 0,1 Pa  |
| Elektrický prúd            | biot (Bi)     | 10 A  |
| Tepelná energia            | calorie (cal) | 4,1868 joule J                                    |
| Permeabilita               | darcy         | $0,98692 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$              |
| Elektrický dipólový moment | debye (D)     | $3,33564 \cdot 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ |
| Sila                       | dyne (dyn)    | $10^{-5} \text{ N}$                               |

| Veličina                    | Jednotka CGS  | Ekvivalent SI                             |
|-----------------------------|---------------|---|
| Magnetický dipólový moment  | emu           | $0,001 \text{ A}\cdot\text{m}^2$          |
| Práca, energia              | erg           | $10^{-7} \text{ J}$                       |
| Elektrický náboj            | franklin (Fr) | $3,3356\cdot 10^{-10} \text{ C}$          |
| Zrýchlenie                  | galileo (Gal) | $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$        |
| Hustota magnetického toku   | gauss (G)     | $10^{-4} \text{ T}$                       |
| Magnetomotorické napätie    | gilbert (Gi)  | $0,795\ 775 \text{ A}$                    |
| Vlnočet                     | kayser (K)    | $100 \text{ m}^{-1}$                      |
| Osvetlenie                  | lambert (Lb)  | $10^4 \text{ lx}$                         |
| Prenos tepla                | langley       | $41,84 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$      |
| Magnetický tok              | line (li)     | $10^{-8} \text{ Wb}$                      |
| Magnetický tok              | maxwell (Mx)  | $10^{-8} \text{ Wb}$                      |
| Intenzita magnetického poľa | oersted (Oe)  | $79,577\ 472 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ |
| Osvetlenie                  | phot (ph)     | $10^4 \text{ lx}$                         |
| Dynamická viskozita         | poise (P)     | $0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$             |
| Jas                         | stilb (sb)    | $10^4 \text{ lx}$                         |
| Kinematická viskozita       | stokes (St)   | $10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$   |
| Magnetický tok              | unit pole     | $1,256\ 637\cdot 10^{-7} \text{ Wb}$      |

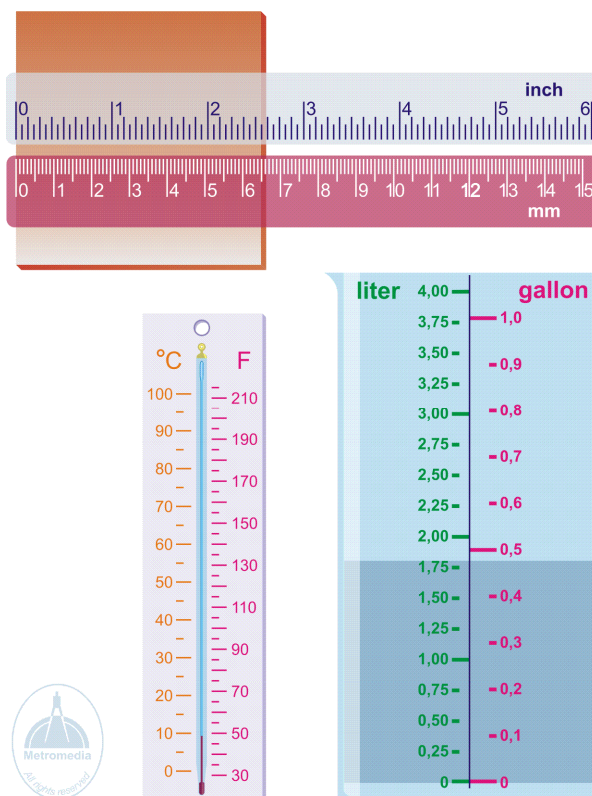
## 2.4 Medzinárodný systém jednotiek (SI)

Jedenásta všeobecná konferencia o váhach a mierach (franc. *Conférence Générale des Poids et Mesures - CGPM*), ktorá sa konala v roku 1960, prijala pre doporučený praktický systém jednotiek názov Medzinárodný systém jednotiek (franc. *Système International d'Unités*, angl. *International System of Units*, skratka *SI*). Táto konferencia stanovila pravidlá pre predpony, odvodené jednotky a ostatné náležitosti. Základné jednotky predstavujú výber siedmich dobre definovaných jednotiek (meter, kilogram, sekunda, ampér, kelvin, mól, kandela). Konvenciou sa považujú za rozmerovo nezávislé. Jednotky vytvárané kombináciou základných jednotiek v súlade s algebraickými pravidlami, spájajúcimi odpovedajúce veličiny sa nazývajú odvodené jednotky. Niektoré z takýchto odvodených jednotiek môžu mať osobitné názvy a značky. Tie sa potom dajú samostatne použiť na vytváranie iných odvodených jednotiek.

Formálne definície všetkých základných jednotiek SI schvaľuje CGPM. Aby sa umožnila presnejšia realizácia jednotlivých základných jednotiek, ich definície sa čas od času upravujú, čím sa sleduje pokrok v meracej technike. Znamená to, že systém SI nie je statický, ale sa vyvíja, aby spĺňal zvyšujúce sa požiadavky na meranie.

Súčasnú definíciu základných jednotiek sa uvádzajú v tzv. *Comptes Rendus* (CR) odpovedajúceho CGPM. Tieto CR alebo tzv. *Procès-Verbaux* (PV) CIPM obsahujú príslušné rozhodnutia, ktoré objasňujú tieto definície ale formálne netvoria ich súčasť. Časopis BIMP – Metrologia – obsahuje aj aktuálne rozhodnutia.

Medzinárodná normalizačná organizácia (ISO) vydala v roku 1992 sériu medzinárodných noriem ISO 31-0 až 31-13, ktoré obsahujú prehľad veličín a jednotiek, používaných v jednotlivých oblastiach. Okrem systému SI sa vo Veľkej Británii a v USA široko využíva tzv. *imperiálny systém* jednotiek.



Obr. 2.1 Rôzne jednotky tej istej veličiny – systém SI a imperiálny systém

## 2.4.1 Základné jednotky SI

Systém SI zavádza sedem základných jednotiek, odpovedajúcich siedmym veličinám (tab. 2.2):

| Veličina               | Základná jednotka SI |        |
|------------------------|----------------------|--------|
|                        | Názov                | Značka |
| Dĺžka                  | meter                | m      |
| Hmotnosť               | kilogram             | kg     |
| Čas                    | sekunda              | s      |
| Elektrický prúd        | ampér                | A      |
| Termodynamická teplota | kelvin               | K      |
| Látkové množstvo       | mól                  | mol    |
| Svietivosť             | kandela              | cd     |

Uveďme platné definície jednotlivých základných jednotiek, doplnené o historické definície týchto jednotiek resp. ich neskoršie spresnenia. Kvôli prehľadnosti sa uvádzajú aj čísla príslušných rozhodnutí CGPM o základných jednotiek.

### 2.4.1.1 Jednotka dĺžky - meter

#### Platná definícia

Platná definícia metra bola v roku 1983 stanovená 17. CGPM (viď Resolution 1; CR, 97 a Metrologia, 1984, 20, 25):

*Meter je dĺžka dráhy, ktorú prejde svetlo vo vákuu za  $1/299\,792\,458$  sekundy.*

Táto definícia tiež stanovuje rýchlosť svetla na presne  $299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , čo predstavuje ďalší efekt definície metra.

#### História

Pôvodná definícia, založená na medzinárodnom prototypu metra z platiny a irídia, bola prijatá v roku 1889. Definícia hovorí:

*Jednotka dĺžky je meter, definovaný vzdialenosťou, pri  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , medzi osami dvoch centrálnych čiar vytvorených na tyči z platiny a irídia, uchovávanéj v BIPM, ktorá je vystavená štandardnému atmosférickému tlaku a podoprená na dvoch valcoch s priemerom najmenej jeden centimeter, symetricky umiestnených na tej istej vodorovnej platni vo vzdialenosti 571 mm jedna od druhej.*

Pôvodný medzinárodný prototyp metra sa stále uchováva v BIPM, pričom sa dodržiavajú podmienky stanovené v roku 1889.

Jedenásta CGPM (konaná v roku 1960) nahradila definíciu metra z roku 1889, pričom sa za základ vzala vlnová dĺžka kryptónu 86. Definícia hovorí, že

*Meter je dĺžka rovnajúca sa  $1\,650\,763,73$  vlnovej dĺžky vo vákuu žiarenia odpovedajúcemu prechodu medzi hladinami  $2p_{10}$  a  $5d_5$  atómu kryptónu 86.*

Táto definícia významne zvýšila presnosť, s ktorou sa dal meter realizovať.



Obr. 2.2 Po podpísaní Metrickej konvencie v roku 1875 vyrobil BIPM zo zliatiny platiny a irídia 30 prototypových etalónov metra. Fotografia zachycuje Národný prototyp metra č. 27, ktorý v roku 1890 získali Spojené štáty americké.

(obrázok získaný z adresy <http://museum.nist.gov/object.asp?ObjID=37>)

### 2.4.1.2 Jednotka hmotnosti - kilogram

#### Platná definícia

Prvá CGPM v roku 1889 (CR, 34-38) potvrdila medzinárodný prototyp kilogramu. Prototyp je vyrobený zo zliatiny platiny s 10% irídia, s presnosťou 0,0001 a uchováva sa v BIPM v podmienkach určených v spomenutom rozhodnutí. Vyhlásenie hovorí:

*Tento prototyp sa odteraz považuje za jednotku hmotnosti.*

Vďaka tejto definícii kilogram doteraz ostáva jedinou jednotkou, ktorej definícia sa zakladá na zhmotnenej miere a nie na fyzikálnom jave.

#### História

Aby sa ukončila nejednoznačnosť používania slova „váha“, 3. CGPM (1901; CR, 70) stanovuje:

*Kilogram je jednotkou hmotnosti; rovná sa hmotnosti medzinárodného prototypu kilogramu.*



*Obr. 2.3 Po podpísaní Metrickej konvencie v roku 1875 v BIPM vytvorili 43 prototypov kilogramu z platiny-irídia. Boli to presné valce s rovnakým priemerom a výškou (obidva rozmery približne 39 mm) a mierne zaoblenými rohmi. Jeden kilogram zo skupiny bol vybraný ako Medzinárodný prototyp kilogramu a v súčasnosti sa uchováva v BIPM. Národné prototypy kilogramu č. 20 a č. 4 získali USA od BIPM v roku 1890. Tento kilogram č. 20 sa stal primárnym národným etalónom hmotnosti s hmotnosťou určenou podľa Medzinárodného prototypu kilogramu na 0,999 999 961 kg.*

*(obrázok a opis získaný z adresy <http://museum.nist.gov/object.asp?ObjID=38>)*

### 2.4.1.3 Jednotka času - sekunda

#### Platná definícia

13. CGPM (1967-1968, vid' Resolution 1; CR, 103 a Metrologia, 1968, 4, 43) definuje sekundu ako:

*Sekunda je čas rovný 9 192 631 770 periódam žiarenia, ktoré zodpovedá prechodu medzi dvoma hladinami veľmi jemnej štruktúry základného stavu atómu cézia  $^{133}\text{Cs}$ .*

CIPM na svojom stretnutí v roku 1997 potvrdila, že:

*Táto definícia sa vzťahuje k atómu cézia v pokoji pri teplote 0 K.*

## História

Staršie definície jednotky času sa zakladali na podiele z tzv. *stredného slnečného dňa*. Ďalšími meraniami sa zistilo, že nepravidelnosti v rotácii Zeme sa nedajú zapracovať do teórie, ovplyvňujú túto definíciu a neumožňujú dosiahnuť požadovanú presnosť.

Definícia sekundy, ako ju prijala 11. CGPM (1960, Resolution 9 (CR, 86)), prijala definíciu Medzinárodnej astronomickej únie, ktorá sa zakladala na tropickom roku. Táto definícia hovorí:

*Sekunda je 1/31 556 925,9747 časť tropického roku pre 0. Január 1900 o 12 hod. efemerického času.*

Neskoršie výsledky experimentálnych prác preukázali možnosť realizácie presnejšieho atómového etalónu časového intervalu, ktorý sa zakladá na prechode medzi dvoma energetickými hladinami atómu alebo molekuly. Tento poznatok viedol k platnej definícii jednotky času.

### 2.4.1.4 Jednotka elektrického prúdu - ampér

#### Platná definícia

Deviata CGPM (1948) prijala ampér za jednotku elektrického prúdu, pričom sa riadila definíciou navrhnutou CIPM v roku 1946 (Resolution 2; PV, 20, 129-137):

*Ampér je stály elektrický prúd, ktorý pri prietoku dvoma priamymi rovnobežnými a nekonečne dlhými vodičmi zanedbateľného kruhového prierezu, umiestnenými vo vákuu vo vzájomnej vzdialenosti 1 m, vyvolá medzi nimi silu  $2 \cdot 10^{-7}$  newtonu na jeden meter dĺžky vodičov.*

Ďalším efektom tejto definície je stanovenie permeability vákuu na hodnotu presne  $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ .

## História

Medzinárodný elektrický kongres (Chicago, 1893) zaviedol tzv. medzinárodné jednotky prúdu a odporu. Definície medzinárodného ampéra a medzinárodného ohmu potvrdila Medzinárodná konferencia, ktorá sa konala v Londýne v roku 1908. Všeobecná dohoda o nahradení týchto medzinárodných jednotiek absolútnymi jednotkami zaznela aj počas 8. CGPM (1933). Viedlo to k platnej definícii ampéra, ktorá bola prijatá v roku 1948. Táto definícia nahrádza aj výraz „jednotka sily MKS“, zavedený v pôvodnom texte v roku 1946 a nahrádza ho názvom newton, ktorý pre túto jednotku prijala 9. CGPM (1948, Resolution 7; CR, 70).

### 2.4.1.5 Jednotka termodynamickéj teploty - kelvin

#### Platná definícia

13. CGPM (1967-1968) prijala názov kelvin (značka K) namiesto dovtedy používaného názvu stupeň Kelvina (značka °K), pričom zároveň definovala jednotku termodynamickéj teploty (Resolution 3 a Resolution 4; CR, 104 a *Metrologia*, 1968, 4, 43):

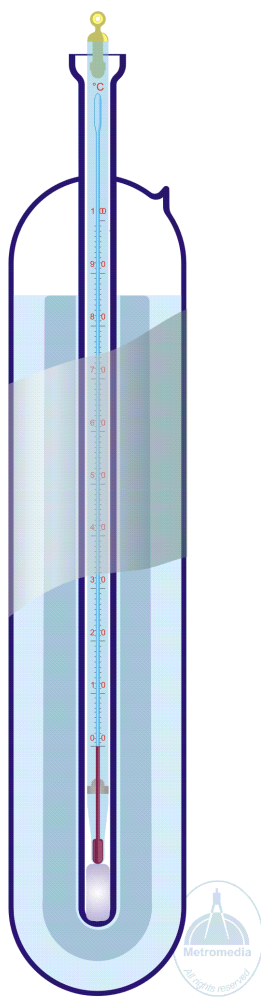
*Kelvin je 1/273,16 časť termodynamickéj teploty trojného bodu vody.*

Z praktických dôvodov sa termodynamická teplota, značka  $T$ , vyjadruje ako rozdiel od referenčnej teploty  $T_0 = 273,15 \text{ K}$ . Takýto rozdiel teplôt sa nazýva Celziova teplota, značka  $t$  a definuje sa vzťahom  $t = T - T_0$ . Jednotkou Celziovej teploty je stupeň Celzia (značka °C), ktorého veľkosť sa rovná kelvinu. Rozdiel alebo interval teplôt sa môže vyjadrovať v kelvinoch alebo stupňoch Celzia (viď 13. CGPM, 1967 – 1968, Resolution 3).

## História

10. CGPM (1954) zaviedla definíciu jednotky termodynamickej teploty v látke (Resolution 3; CR, 79). Za základný pevný bod vybrala trojný bod vody a priradila mu teplotu 273,16 K, čím definovala jednotku.

CIPM v roku 1989 vo svojom Doporučení (Recommendation) 5 (CI-1989) (PV, 57, 115 a Metrologia, 1990, 27, 13) prijala kelvin a stupeň Celzia za jednotky Medzinárodnej teplotnej stupnice 1990 (ITS-90).



Obr. 2.4 Bunka trojného bodu vody pri 0,01 °C

### 2.4.1.6 Jednotka látkového množstva - mol

#### Platná definícia

Štrnásť CGPM (1971, Resolution 3; CR, 78 a Metrologia, 1972, 8, 36) definuje jednotku látkového množstva takto:

1. Mol je látkové množstvo sústavy, ktorá obsahuje práve toľko elementárnych jedincov (entít), koľko je atómov v 0,012 kilogramu uhlíka  $^{12}\text{C}$ .

2. Pri používaní jednotky mol sa musia špecifikovať elementárne jedince (entity), ktorými môžu byť atómy, molekuly, ióny, elektróny, iné častice alebo špecifikované skupiny týchto častíc.

V roku 1980 schválil CIPM správu CCU (1980), v ktorej sa nachádza ďalšie upresnenie:

*V tejto definícii sa uvažujú neviazané atómy uhlíka  $^{12}\text{C}$ , ktoré sú v pokoji a vo svojom základnom stave.*

## História

Historické jednotky, ktoré sa používali na špecifikáciu chemických prvkov a zmesí mali priame spojenie s tzv. atómovými a molekulovými váhami (v skutočnosti relatívnymi hmotnosťami). Atómové váhy sa pôvodne vzťahovali k atómovej váhe kyslíka. Tieto definície však boli z chemického a fyzikálneho hľadiska nejednoznačné. Preto IUPAP a IUPAC súhlasili s priradením hodnoty 12 k atómovej váhe (správne k relatívnej atómovej hmotnosti) izotopu uhlíka s hmotnostným číslom 12 (uhlík 12,  $^{12}\text{C}$ ). Získaná stupnica udáva hodnoty relatívnej atómovej hmotnosti. Jednotka látkového množstva sa pre túto stupnicu realizovala stanovením odpovedajúcej hmotnosti uhlíka 12. Medzinárodná dohoda stanovila túto hmotnosť na 0,012 kg.

CIPM sa riadila návrhmi, ktoré podali IUPAP, IUPAC a ISO a v roku 1967 podala definíciu molu, ktorá bola potvrdená v roku 1969. Tieto návrhy viedli k súčasnej definícii.



Obr. 2.5 Realizácia jednotky mol v Slovenskom metrologickom ústave (majetok SMÚ, [www.smu.gov.sk](http://www.smu.gov.sk))

### 2.4.1.7 Jednotka svietivosti - kandela

#### Platná definícia

Šestnásť CGPM (1979, Resolution 3; CR, 100 a Metrologia, 1980, 16, 56) prijala túto definíciu jednotky svietivosti:

*Kandela je svietivosť zdroja, ktorý v danom smere vysieľa monochromatické žiarenie frekvencie  $540 \cdot 10^{12}$  hertzov a ktorého žiarivosť v tomto smere je  $1/683$  watt na steradián.*

#### História

Prvé definície jednotky svietivosti sa zakladali na etalónoch žiarenia alebo žeraveného vlákna. Tieto definície boli nahradené definíciami, ktoré využívali svietivosť Planckovho žiarivca (tzv. čierne teleso)

pri teplote tuhnutia platiny. Deviata CGPM takúto definíciu ratifikovala v roku 1948, pričom pre jednotku svietivosti prijala nov názov – kandela. V roku 1967 prijala 13. CGPM (Resolution 5; CR, 104 a Metrologia, 1968, 4, 43-44) opravenú verziu predchádzajúcej definície.

Prijatá definícia, založená na Planckovom žiariči, trpela experimentálnymi problémami pri jej realizácii. Preto sa pri aktuálnej definícii využili nové možnosti, ktoré ponúka rádiometria.

## 2.4.2 Odvodené jednotky SI

Odvodená jednotka sústavy SI sa dá získať zo základných jednotiek SI pomocou rovnice, ktorá definuje príslušnú odvodenú veličinu. Rozmer odvodenej veličiny  $Q$  vo vzťahu k základným jednotkám v koherentnom systéme jednotiek sa dá vyjadriť ako

$$\dim Q = A^\alpha \cdot B^\beta \cdot C^\gamma \cdot D^\delta$$

kde

$\dim Q$  je rozmer veličiny  $Q$ ,

$A, B, C, D$  sú rozmerové značky veličín základných jednotiek,

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$  sú rozmerové exponenty.

Keď sa nahrádzajú značky jednotlivých veličín značkami základných jednotiek SI, získame vyjadrenie odvodenej jednotky SI pomocou základných jednotiek SI. Napríklad rýchlosť rovnomerného priamočiareho pohybu je

$$v = s/t = s \cdot t^{-1}$$

kde

$v$  je rýchlosť pohybu,

$s$  je prejdenná dráha,

$t$  je doba pohybu.

Odvodená jednotka sa získa tak, že v definícii sa značky veličín nahradia základnými jednotkami:

$$[v] = \text{m/s} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

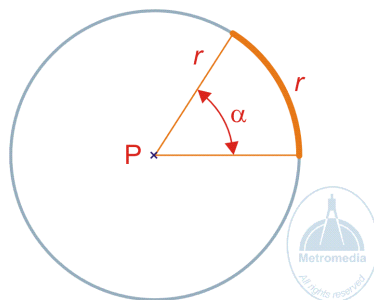
Určité osobitné postavenie medzi odvodenými jednotkami patrí jednotkám *bezrozmerných veličín*. Ich rozmer je 1 a značka je 1. Ak sa takáto veličina vyjadruje číselne, rozmer 1 sa zvyčajne explicitne neuvádza.

Dve bezrozmerné veličiny – rovinný uhol a priestorový uhol – majú jednotky s osobitnými názvami – radián a steradián. V roku 1960 klasifikovala 11. CGPM jednotky radián a steradián ako tzv. doplnkové jednotky. Dvadsať CGPM (1995, Resolution 8; CR, 223 a Metrologia, 1996, 33, 83) eliminovala doplnkové jednotky ako osobitnú triedu v rámci SI a zahrnula radián a steradián do triedy odvodených jednotiek.

Odvodená jednotka rovinného uhla sa definuje takto:

*Radián (značka rad) je rovinný uhol medzi dvoma polomeri kružnice, ktoré na obvode kružnice vytínajú oblúk, ktorého dĺžka sa rovná polomeru kružnice.*

Podľa tejto definície obsahuje úplný kruh  $2\pi$  radiánov. Z toho vyplýva, že jeden radián je približne 57,296 uhlových stupňov. Pojem radián vyplýva z faktu, že dĺžka kružnicového oblúka, odpovedajúca uhlu  $\alpha$  jedného radiánu, sa rovná polomeru oblúka  $r$  (viď obr. 2.6).



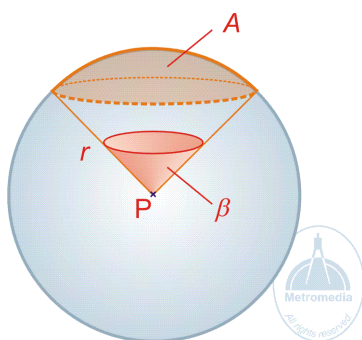
Obr. 2.6 Znárodnenie jednotky rovinného uhla

Odvođená jednotka priestorového uhla má takúto definíciu:

*Steradián (značka sr) je priestorový uhol kužeľa, ktorý má svoj vrchol v strede gule a vytína na povrchu gule plochu, ktorej plošný obsah sa rovná plošnému obsahu štvorca, ktorého strana sa rovná polomeru gule.*

Podľa definície sa na úplnej guli nachádza  $4\pi$  (približne 12,5664) steradiánov.

Steradián sa definuje pomocou kužeľa (viď obr. 2.7), kde bod P predstavuje stred gule. Priestorový (kužeľový) uhol  $\beta$ , ktorý predstavuje jeden steradián, vytína na guli plochu s plošným obsahom  $A$ , ktorého veľkosť sa rovná  $r^2$ , pričom  $r$  je polomer gule.



Obr. 2.7 Znárodnenie jednotky priestorového uhla

Existujú odvođené jednotky SI s osobitnými názvami a značkami (viď tab. 2.3). Tieto osobitné názvy a značky sa môžu použiť tiež na ďalšie vytváranie iných odvođených jednotiek SI.

Tab. 2.3 Odvođené jednotky SI s osobitnými názvami a značkami

| Odvođená jednotka              | Odvođená jednotka |        | Vyjadrená pomocou            |   |
|--------------------------------|-------------------|--------|------------------------------|---|
|                                | Názov             | Značka | ostatných jednot. SI         | základných jednotiek SI                         |
| Rovinný uhol                   | radián            | rad    |                              | $\text{m}\cdot\text{m}^{-1} = 1$                |
| Priestorový uhol               | steradián         | sr     |                              | $\text{m}^2\cdot\text{m}^{-2} = 1$              |
| Frekvencia                     | hertz             | Hz     |                              | $\text{s}^{-1}$                                 |
| Sila                           | newton            | N      |                              | $\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$      |
| Tlak, napätie                  | pascal            | Pa     | $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$ | $\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ |
| Energia, práca, množstvo tepla | joule             | J      | $\text{N}\cdot\text{m}$      | $\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$    |

| Odvođená jednotka  | Odvođená jednotka |          | Vyjadrená pomocou    |  |
|--|-------------------|----------|----------------------|--|
|  | Názov             | Značka   | ostatných jednot. SI | základných jednotiek SI                    |
| Výkon, tepelný tok, žiarivý tok  | watt              | W        | $J \cdot s^{-1}$     | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$                |
| Elektrický náboj   | coulomb           | C        |                      | $A \cdot s$                                |
| Rozdiel elektrického potenciálu, elektromotorická sila   | volt              | V        | $W \cdot A^{-1}$     | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$   |
| Kapacitancia   | farad             | F        | $C \cdot V^{-1}$     | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$ |
| Elektrický odpor   | ohm               | $\Omega$ | $V \cdot A^{-1}$     | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$   |
| Elektrická vodivosť  | siemens           | S        | $\Omega^{-1}$        | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$ |
| Magnetický tok   | weber             | Wb       | $V \cdot s$          | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$   |
| Hustota magnetického toku  | tesla             | T        | $Wb \cdot m^{-2}$    | $kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$             |
| Induktancia  | henry             | H        | $Wb \cdot A^{-1}$    | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$   |
| Svetelný tok   | lumen             | lm       |                      | $cd \cdot sr$                              |
| Intenzita osvetlenia   | lux               | lx       | $lm \cdot m^{-2}$    | $m^{-2} \cdot cd \cdot sr$                 |
| Aktivita (vzťahnutá na rádionuklid)  | becquerel         | Bq       |                      | $s^{-1}$                                   |
| Absorbovaná dávka, energia odovzdaná látke, kerma  | gray              | Gy       | $J \cdot kg^{-1}$    | $m^2 \cdot s^{-2}$                         |
| Dávkový ekvivalent, ekvivalent okolitej dávky, ekvivalent smerovej dávky, ekvivalent osobnej dávky | sievert           | Sv       | $J \cdot kg^{-1}$    | $m^2 \cdot s^{-2}$                         |
| Katalytická aktivita   | katal             | kat      |                      | $mol \cdot s^{-1}$                         |

### 2.4.3 Násobky a podiely jednotiek SI

Násobky jednotiek SI sa vytvárajú vynásobením základných alebo odvodených jednotiek SI mocninou dekadického základu zo sady mocnín podľa tabuľky 2.4. Názov vynásobenej jednotky sa získa pridaním odpovedajúcej predpony k názvu jednotky. Výnimkou z tohoto pravidla je jednotka hmotnosti, kde sa násobky jednotky vytvárajú so základom gram. Nemôžu sa používať kombinované predpony, ktoré by vznikli spojením viacerých predpôn. Ak sa odvodená jednotka vyjadruje ako podiel, jej násobky sa dajú vyjadriť pridaním predpôn k jednotkám v čitateli, menovateli resp. k obidvom.

Tieto predpony podľa tabuľky 2.4 sa vzťahujú výlučne na mocniny čísla desať. Nemajú sa používať na označenie mocnín čísla dva (napríklad jeden kilobit predstavuje 1000 bitov a nie 1024 bitov). IEC prijala predpony pre binárny násobky v medzinárodnej norme (IEC 60027-2). Názvy a značky pre predpony odpovedajúce  $2^{10}$ ,  $2^{20}$ ,  $2^{30}$ ,  $2^{40}$ ,  $2^{50}$ ,  $2^{60}$  sú kibi (Ki), mebi (Mi), gigi (Gi), tebi (Ti), pebi (Pi) a exbi (Ei). Napríklad jeden kibibyte by sa písal ako  $KiB = 2^{10} B = 1024 B$ . Hoci tieto predpony netvoria časť sústavy SI, mali by sa používať v oblasti informačných technológií, čím by sa zabránilo nesprávne používaniu predpôn sústavy SI.

Tab. 2.4 Dekadické násobky a podiely jednotiek SI

| Násobky alebo diely                                  | Názov predpony | Značka predpony |
|--|----------------|-----------------|
| 1 000 000 000 000 000 000 000 000 $\approx 10^{24}$  | yotta          | Y               |
| 1 000 000 000 000 000 000 000 $\approx 10^{21}$      | zetta          | Z               |
| 1 000 000 000 000 000 000 $\approx 10^{18}$          | exa            | E               |
| 1 000 000 000 000 000 $\approx 10^{15}$              | peta           | P               |
| 1 000 000 000 000 $\approx 10^{12}$                  | tera           | T               |
| 1 000 000 000 $\approx 10^9$                         | giga           | G               |
| 1 000 000 $\approx 10^6$                             | mega           | M               |
| 1 000 $\approx 10^3$                                 | kilo           | k               |
| 100 $\approx 10^2$                                   | hekto          | h               |
| 10 $\approx 10^1$                                    | deka           | da              |
| 0,1 $\approx 10^{-1}$                                | deci           | d               |
| 0,01 $\approx 10^{-2}$                               | centi          | c               |
| 0,001 $\approx 10^{-3}$                              | mili           | m               |
| 0,000 001 $\approx 10^{-6}$                          | mikro          | $\mu$           |
| 0,000 000 001 $\approx 10^{-9}$                      | nano           | n               |
| 0,000 000 000 001 $\approx 10^{-12}$                 | piko           | p               |
| 0,000 000 000 000 001 $\approx 10^{-15}$             | femto          | f               |
| 0,000 000 000 000 000 001 $\approx 10^{-18}$         | atto           | a               |
| 0,000 000 000 000 000 000 001 $\approx 10^{-21}$     | zepto          | z               |
| 0,000 000 000 000 000 000 000 001 $\approx 10^{-24}$ | yocto          | y               |

#### 2.4.4 Jednotky mimo SI

Jednotky SI sa doporučujú na všeobecné použitie vo vede, technike a v obchode. Napriek tomu sa dá pozorovať, že niektoré jednotky mimo sústavy SI sa ešte stále široko používajú v každodennom živote, pričom niektoré z nich sa budú ešte používať mnoho rokov. Sú hlboko ukotvené v histórii a kultúre ľudskej rasy.

CIPM (1969) uvádza tri kategórie jednotiek mimo sústavy SI:

- 1) jednotky, ktoré treba uchovávať,
- 2) jednotky, ktoré treba dočasne tolerovať,
- 3) jednotky, ktoré treba zrušiť.

Podľa tejto kategorizácie prijala CIPM (1996) novú klasifikáciu jednotiek mimo sústavy SI:

- 1) jednotky, ktorých použitia spolu s jednotkami SI sa akceptuje (viď tab. 2.5) – používajú sa v každodennom živote, sú to najmä tradičné jednotky času a uhla. Spolu s nimi je to niekoľko jednotiek, ktoré majú veľký technický význam,
- 2) jednotky, ktorých používanie spolu s jednotkami SI sa akceptuje a ktorých hodnoty sa získali experimentálne (viď tab. 2.6) – ich hodnoty vyjadrené v jednotkách SI sa musia získať experimentálne a preto ich nemožno presne určiť. Ich hodnoty sa uvádzajú spolu s rozšírenou neistotou (koeficient rozšírenia  $k = 1$ ), ktorá sa vzťahuje na posledné dve číslice, uvedené v zátvorkách. Tieto jednotky sa vo všeobecnosti používajú v určitých špecializovaných oblastiach,
- 3) ostatné jednotky, ktorých používanie spolu s jednotkami SI sa momentálne akceptuje, pričom uspokojujú určité osobitné potreby (viď tab. 2.7) – tieto jednotky by sa mali v každom dokumente, v ktorom sa používajú, definovať vo vzťahu k jednotkám SI. Ich používanie sa nedoporučuje.

Uvádzanie tabuliek s jednotkami mimo sústavy SI neznamená nabádanie na ich používanie. Okrem určitých výnimiek sa vždy uprednostňuje používanie jednotiek SI pred jednotkami mimo sústavy SI. Žiada sa zabrániť kombinovanie jednotiek SI s jednotkami mimo sústavy SI. Vo všeobecnosti sa takáto kombinácia musí obmedziť iba na určité špeciálne prípady.

Tab. 2.5 Jednotky mimo sústavy SI, pri ktorých sa akceptuje použitie spolu s jednotkami SI

| Názov         | Značka | Hodnota v jednotkách SI                                   | Poznámky  |
|---------------|--------|---|---|
| minúta        | min    | 1 min = 60 s  |   |
| hodina        | h      | 1 h = 60 min = 3600 s                                     |   |
| deň           | d      | 1 d = 24 h = 86 400 s                                     |   |
| stupeň        | °      | 1° = ( $\pi/180$ ) rad                                    | Norma ISO 31 doporučuje, aby sa stupeň namiesto používania minút a sekúnd radšej dekadicky delil.   |
| minúta        | '      | 1' = (1/60)° = ( $\pi/10\,800$ ) rad                      |   |
| sekunda       | "      | 1" = (1/60)' = ( $\pi/548\,000$ ) rad                     |   |
| liter         | l, L   | 1 L = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> | Alternatívnu značku L prijala 16. CGPM v roku 1979. V USA sa pre liter prednostne používa značka L.   |
| metrická tona | t      | 1 t = 10 <sup>3</sup> kg                                  | Tento názov sa pre uvedenú jednotku používa v USA. Pôvodný text BIPM používa názov prijatý CIPM - tona, pričom sa v poznámke pod čiarou uvádza, že v niektorých anglicky hovoriacich krajinách sa táto jednotka nazýva metrická tona.   |
| neper         | Np     | 1 Np = 1  | Jednotka neper sa používa na vyjadrenie hodnôt takých logaritmických veličín, ako sú hladina poľa, hladina výkonu, hladina hlasitosti a logaritmický dekrement. Na získanie číselných hodnôt veličín, ktoré sa vyjadrujú pomocou jednotky neper, sa používajú prirodzené logaritmy. Neper je jednotka koherentná so sústavou SI, doteraz ju však CIPM neprijala za jednotku SI. Pri použití tejto |

|     |   |   |  |
|-----|---|---|--|
| bel | B | $1 \text{ B} = (1/2) \ln 10 \text{ (Np)}$ | <p>jednotky je veľmi dôležité špecifikovať veličinu. Jednotka sa nesmie používať tak, aby v sebe zahŕňala veličinu.</p> <p>Jednotka bel sa používa na vyjadrenie hodnôt takých logaritmických veličín, ako sú hladina poľa, hladina výkonu, hladina hlasitosti a útlm. Na získanie číselných hodnôt veličín, ktoré sa vyjadrujú pomocou jednotky bel, sa používajú dekadické logaritmy. Často sa používa decibel – dekadický podiel jednotky bel. Pri použití tejto jednotky je veľmi dôležité špecifikovať veličinu. Jednotka sa nesmie používať tak, aby v sebe zahŕňala veličinu.</p> |
|-----|---|---|--|

Tab. 2.6 Jednotky mimo sústavy SI, ktorých hodnoty v jednotkách SI sa získali experimentálne

| Názov                                   | Značka | Hodnota v jednotkách SI                                       | Poznámky  |
|---|--------|---|---|
| elektrónvolt                            | eV     | $1 \text{ eV} = 1,602\,177\,33(49) \times 10^{-19} \text{ J}$ | Elektrónvolt predstavuje kinetickú energiu získanú elektrónom pri prechode potenciálovým rozdielom 1 V vo vákuu. Hodnota elektrónvoltage je prevzatá z <i>CODATA Bulletin</i> , 1986, č. 63.  |
| unifikovaná atómová hmotnostná jednotka | u      | $1 \text{ u} = 1,660\,540\,2(10) \times 10^{-27} \text{ kg}$  | Unifikovaná atómová hmotnostná jednotka sa rovná 1/12 hmotnosti neviazaného atómu nuklidu $^{12}\text{C}$ , v pokoji a v jeho základnom stave. Hodnota unifikovanej atómovej hmotnostnej jednotky je prevzatá z <i>CODATA Bulletin</i> , 1986, č. 63. |
| astronomická jednotka                   | ua     | $1 \text{ ua} = 1,495\,978\,70(30) \times 10^{11} \text{ m}$  | Astronomická jednotka predstavuje vzdialenosť, ktorá sa približne rovná strednej hodnote vzdialenosti Zeme Slnka. Hodnota astronomickej jednotky je prevzatá z <i>IERS Conventions</i> (1996).  |

Tab. 2.7 Ostatné jednotky mimo sústavy SI, pri ktorých sa akceptuje ich použitie spolu s jednotkami SI

| Názov        | Značka | Hodnota v jednotkách SI                   | Poznámky  |
|--------------|--------|---|---|
| námorná míľa |        | $1 \text{ námorná míľa} = 1852 \text{ m}$ | <p>Námorná míľa predstavuje špeciálnu jednotku, určenú na vyjadrenie vzdialenosti v námorníctve alebo letectve.</p> <p>Uvedenú konvenčnú hodnotu prijala Prvá osobitná hydrografická konferencia (Monako, 1929), pričom tejto jednotke dala názov medzinárodná námorná míľa. Jednotka doteraz nemá medzinárodne</p> |

|          |     |  |   |
|----------|-----|--|---|
| uzol     |     | 1 námorná míľa za hodinu =<br>(1852/3600) m/s                | uznávanú značku. Túto jednotku pôvodne vybrali preto, že jedna námorná míľa na povrchu Zeme predstavuje jednu uhlovú minútu v jej strede.<br>Jednotka uzol doteraz nemá medzinárodne uznávanú značku. |
| ár       | a   | 1 a = 1 dam <sup>2</sup> = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>    | Jednotky ár, hektár a ich značky prijala CIPM v roku 1879 a používajú sa na vyjadrenie plošného obsahu pôdy.  |
| hektár   | ha  | 1 ha = 1 hm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>    |   |
| bar      | bar | 1 bar = 0,1 MPa = 100 kPa =<br>1000 hPa = 10 <sup>5</sup> Pa |   |
| ångström | Å   | 1 Å = 0,1 nm = 10 <sup>-10</sup> m                           |   |
| barn     | b   | 1 b = 100 fm <sup>2</sup> = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup> | Barn predstavuje osobitnú jednotku, zavedenú v jadrovej fyzike, ktorá sa používa na vyjadrenie efektívneho prierezu.  |
| curie    | Ci  |  |   |
| roentgen | R   |  |   |
| rad      | rad |  |   |
| rem      | rem |  |   |

## 2.5 Písanie značiek

Typ písma, akým sa značka napíše, definuje to, čo značka znamená. Vo všeobecnosti sa značky zvyčajne píše kolmým písmom alebo kurzívou, niekedy polotučnou kurzívou. Nasledujúce pravidlá sú prevzaté zo série medzinárodných noriem ISO 31-0: 1992 až ISO 31-13:1992, ktoré vydala Medzinárodná normalizačná organizácia ISO. Uvedieme iba hlavné kategórie značiek spolu s niekoľkými príkladmi.

### Veličiny a premenné - kurzíva

Značky sa píše kurzívou, ak predstavujú:

- 1) veličiny – napr.  $t$  pre čas,  $s$  pre dráhu,  $T$  pre teplotu, atď.,
- 2) značky premenných v matematických výrazoch - napr.  $x^2 = y^2 + z^2$ ,
- 3) funkcie vo všeobecnosti – napr.  $f(x)$ ,  $g(y)$ , atď.,
- 4) značky parametrov, ktoré sa v danom kontexte môžu považovať za konštantné – napr.  $a$  a  $b$  v rovnici  $z = ax + by$ ,
- 5) poradové čísla v matematických výrazoch – napr. séria čísiel  $i = 1, 2, \dots, n$ ,
- 6) konštanty fyzikálnych veličín – napr.  $e$  pre elementárny náboj,  $R$  pre plynovú konštantu.

Určitú úpravu písania značiek kurzívou predstavujú značky písané polotučnou kurzívou, ktoré sa vo všeobecnosti používajú na označenie vektorov a matíc:

- 1) vektory sa píše polotučnou kurzívou – napr.  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{A}$ , atď.,
- 2) tenzory sa píše polotučnou kurzívou a bezpätkovým písmom – napr.  $\mathbf{T}$ ,
- 3) matice sa píše polotučnou kurzívou – napr.  $\mathbf{A}$ .

### Jednotky – kolmé písmo

Značky jednotiek a predpony SI sa píše kolmým písmom - napr. m pre meter, ml pre mililiter,  $\mu\text{g}$  pre mikrogram, atď.

### Opisné výrazy – kolmé písmo

Značky sa píše kolmým písmom, ak predstavujú:

- 1) čisto opisné výrazy - napr. chemické prvky – He, Ne, Li, atď.,
- 2) matematické konštanty, ktoré sa nikdy nemenia - napr.  $\pi$ ,
- 3) explicitne definované funkcie – napr. sin, cos, exp, atď.,
- 4) dobre definované operátory – napr.  $G(x)$  alebo div, atď.

### Dolný a horný index – kolmým písmom alebo kurzívou

Uvedené pravidlá predpokladajú, že horný alebo dolný index značky veličiny sa píše:

- 1) kurzívou, ak:
  - a) predstavuje veličinu – napr.  $c_p$  ( $p$  predstavuje značku tlaku),  $q_m$  ( $m$  ako značka hmotnosti),
  - b) predstavuje premennú, napríklad  $x$  v  $E_x$  alebo index ako  $i$  v  $q_i$ , ktorý predstavuje číslo. Index, ktorý predstavuje číslo, sa tiež nazýva poradové číslo,
- 2) kolmým písmom, ak má opisný charakter – napr.  $c_p$  ( $p$  ako skratka pre parciálny),  $q_m$  ( $m$  ako skratka pre molekulárny).

### Kombinovanie značiek

Súčin veličín sa píše jedným z nasledujúcich spôsobov:

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

Bodka sa píše v polovici výšky písmena. Ak tlačové prostriedky neumožňujú takéto písanie, povoľuje sa písanie bodky na linajke.

V prípade podielov sa značky veličín píše jedným z nasledujúcich spôsobov:

$$\frac{a}{b}, a/b, ab^{-1}, a \cdot b^{-1}, a \times b^{-1}$$

Ak sa zložená jednotka skladá z dvoch alebo viacerých jednotiek, používa sa bodka v polovici výšky písmena (napr. N·m). Zložená jednotka vytvorená ako podiel dvoch jednotiek sa píše takto:

$$\frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{m/s}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2.1 ÚVOD.....</b>                                    | <b>20</b> |
| 2.1.1 VELIČINY .....                                    | 20        |
| 2.1.2 JEDNOTKY .....                                    | 20        |
| <b>2.2 VELIČINY, JEDNOTKY A ROVNICE.....</b>            | <b>21</b> |
| <b>2.3 METRICKÝ SYSTÉM.....</b>                         | <b>23</b> |
| <b>2.4 MEDZINÁRODNÝ SYSTÉM JEDNOTIEK (SI) .....</b>     | <b>24</b> |
| 2.4.1 ZÁKLADNÉ JEDNOTKY SI .....                        | 25        |
| 2.4.1.1 Jednotka dĺžky - meter.....                     | 26        |
| 2.4.1.2 Jednotka hmotnosti - kilogram.....              | 27        |
| 2.4.1.3 Jednotka času - sekunda .....                   | 27        |
| 2.4.1.4 Jednotka elektrického prúdu - ampér.....        | 28        |
| 2.4.1.5 Jednotka termodynamickej teploty - kelvin ..... | 28        |
| 2.4.1.6 Jednotka látkového množstva - mol .....         | 29        |
| 2.4.1.7 Jednotka svietivosti - kandela .....            | 30        |
| 2.4.2 ODVODENÉ JEDNOTKY SI.....                         | 31        |
| 2.4.3 NÁSOBKY A PODIELY JEDNOTIEK SI.....               | 33        |
| 2.4.4 JEDNOTKY MIMO SI.....                             | 34        |
| <b>2.5 PÍSANIE ZNAČIEK.....</b>                         | <b>37</b> |