

1 Jednotky a jejich historie

1.1 Délka

Délka je jedna ze základních fyzikálních veličin. Udává *rozměr* těles (*délka, šířka, výška, hloubka*) nebo *vzdálenosti* mezi dvěma body prostoru (*délka trajektorie, dráha, vlnová délka*).

Značka: může být různá, rozhoduje přesnější určení druhu délky. Např. d, l, h, a, b, c, s, ...

Základní jednotka: metr, zkratka *m*

Další jednotky: kilometr *km*, decimetr *dm*, centimetr *cm*, milimetr *mm*, mikrometr *μm*, angstrom

Jednotky v astronomii: astronomická jednotka (AU), světelný rok (ly), parsec (pc)

Anglo-americké jednotky: palec, stopa, míle, námořní míle

Starší nebo jiné jednotky: sáh, loket, versta, ...

Měřidla: pravítko, metr (tyčový, skládací, svinovací, krejčovský), pásmo, posuvné měřítko, mikrometr, měřidlo s měrným kotoučem, laserové měřidlo

Nejstarší jednotky délky byly odvozeny od velikostí částí lidského těla: prst, palec, dlaň, pěst, stopa, loket, krok, dvoukrok, sáh a játro.

1.1.1 Stopa

Nejstarší dochovanou jednotkou délky je stopa. Byla poprvé použita v Sumerské říši, její přibližná délka byla definována sochou Gudei v Lagaši přibližně kolem roku 2 575 př. Kr. Později byla používána v Egyptě, Řecku, Římě a ve středověku se rozšířila po celé Evropě. V anglosaském měrném systému se dochovala do dnešních dob.

Stopa (angl. foot, mn. č. feet, značka ft) je definována:

1 ft = 0,304 8 m (přesně) a dále se dělí na 12 palců (inch)

3 stopy jsou 1 yard

Pro vyznačení stopy se používá znaménka apostrofu 1' = 1 ft

1.1.2 Metr

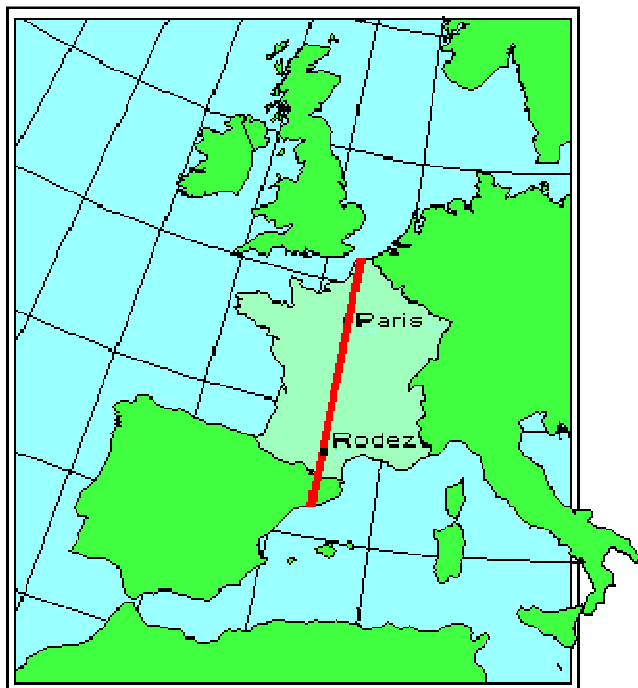
Zcela neúnosný nepořádek v délkových jednotkách panoval ve Francii na konci 18. stol. Bylo zapotřebí uzákonit jednotný systém měr a vah.

1.1.2.1 Sekundové kyvadlo

Těsně před rokem 1790 navrhli Jean Picard a Ole Rømer, aby nová jednotka délky byla stejně dlouhá jako závěs kyvadla o periodě 1 sekunda. Přesto, že návrh měl značnou podporu významných vědců té doby, neujal se. Hlavním důvodem byla závislost periody na zeměpisné šířce a nadmořské výšce, nová jednotka by musela být definována pro konkrétní místo na Zemi, navrhována byla samozřejmě Paříž.

1.1.2.2 Metr a poledník

V roce 1790 požádala Francouzská akademie vědeckou komisi v čele s Josephem Lagrangem a Pierrem Laplacem, aby vyřešila problém nové délkové jednotky. 19. března 1791 komise navrhla, aby nová jednotka délky (kilometr, tisíc metrů) byla definována jako desetitisícina zemského kvadrantu (vzdálenosti od pólu k



rovníku měřené podél poledníku v nulové nadmořské výšce). Přestože realizace byla ještě složitější než u sekundového kyvadla, návrh byl přijat 26. března 1791. Měření nebylo principiálně možné provést podél celého kvadrantu. Na moři to nešlo a v polárních oblastech už vůbec ne. Proto byl vybrán co možná nejdelší úsek pevniny podél poledníku, jehož začátek i konec je u mořské hladiny.

A který poledník byl zvolen? No samozřejmě ten procházející Paříží! Měření bylo prováděno z Dunkirku na severu Francie do španělské Barcelony. Delší část pevniny procházející podél poledníku ve Francii nebylo možné nalézt. Měření započalo v létě 1792. J. B. J. Delambre prováděl triangulační měření od

severu na jih, P. F. A. Méchanin od jihu na sever, sejít se měli v Rodezu. Jižní část byla kratší, ale o to složitější, protože procházela Pyrenejemi. Měření se neobešla bez problémů a byla přerušena Francouzskou revolucí. V roce 1798 byla měření dokončena a z triangulačních měření čtyři nezávislí učenci vypočetli vzdálenost obou míst a následně velikost jednoho metru. Již od roku 1795 se vyráběly provizorní platinové metry, ten který se při 0 °C nejvíce blížil vypočtenému výsledku byl prohlášen 22. 6. 1799 za *Mètre des Archives*, prototyp metru. V roce 1837 zjistil Friedrich Bessel, že výpočty byly chybné, neuvažovaly zploštění způsobené rotací Země a tak se první prototyp metru lišil od zamýšlené délkové jednotky o 0,2 mm.

Bohužel se platinový metr prohýbal, při měření bylo třeba se dotýkat obou konců, atd. Vůbec nešlo o ideální řešení. V roce 1875 byl založen Mezinárodní úřad měř a vah BIMP (Bureau International des Poids et Mesures) se sídlem v Sevres u Paříže a 18 zemí podepsalo Dohodu o metru (Convention du Mètre). Nový metr zde byl uložen v roce 1889. Je vyroben z mimořádně tvrdé slitiny platiny a iridia (90 % Pt, 10 % Ir), profil má ve tvaru X (proti průhybu) a na rozdíl od původního metru je delší a metrová vzdálenost je na něm vyznačena ryskami. Bylo vyrobeno 30 číslovaných prototypů, z nichž číslo 6 se nejvíce blížilo minulému etalonu (*Mètre des Archives*) a proto byl prohlášen za nový metr (*International Prototype*). Stalo se tak na první Všeobecné konferenci o mírách a vahách CGPM (La Conférence Générale des Poids et Mesures), kde byly přesně stanoveny podmínky, za kterých je metr metrem. Od nového prototypu byly odvozeny národní metry jednotlivých zemí.



1.1.2.3 Metr a světlo

V podstatě od zavedení prototypu metru v roce 1899 byly konány pokusy definovat metr pomocí vlnové délky světla. V letech 1892 až 1893 přeměřil prototyp metru svým interferometrem Albert Michelson a definoval metr pomocí násobku vlnové délky červené čáry kadmia. Jeho měření potvrdili v roce 1906 Charles Fabry a Alfred Pérot novým typem interferometru. V roce 1952 byla ustanovena komise pro posouzení možnosti nově definovat metr pomocí vlnové délky světla. K tomu došlo v roce 1960, na jedenácté konferenci CGPM. Metr byl definován jako 1 650 763.73 násobek vlnové délky oranžovo-červené čáry kryptonu ve vakuu. Tato definice se udržela do roku 1983.

1.1.2.4 Metr a sekunda

V roce 1983 na konferenci CGPM došlo k poslední změně v definici metru. Byl definován pomocí jiné jednotky SI, sekundy a to takto: Metr je délka dráhy, kterou proběhne světlo ve vakuu za 1/299 792 458 sekundy. Touto definicí je ovšem přesně definována rychlost světla a její hodnota je proto 299 792 458 m/s přesně.

- 1799** Z provizorních platinových metrů byl vybrán *Mètre des Archives*, prototyp metru odvozený z délky zemského kvadrantu.
- 1889** Byl schválen nový prototyp ze slitiny platiny a iridia, odvozen od skutečné velikosti *Mètre des Archives*.
- 1960** Metr definován jako 1 650 763.73 násobek vlnové délky oranžovo-červené čáry kryptonu.
- 1983** Metr definován jako dráha, kterou světlo proběhne za 1/299 792 458 zlomek sekundy.

1.2 Hmotnost

Hmotnost je fyzikální veličina, která vyjadřuje množství látky v tělese. Nesprávně se nazývá *váha*.

Symbol veličiny: *m* (angl. *mass*)

Základní jednotka: *kilogram*, značka jednotky: *kg*

Další používané jednotky: *tuna t, gram g, miligram mg, karát Kt, sluneční hmotnost*

Planckova jednotka hmotnosti: $2,177 \times 10^{-8}$ kg

Anglo-americké jednotky: libra, unce, kámen (stone),

Starší jednotky: debet, talent, pud, ...

Měřidla hmotnosti: váhy (rovnoramenné, nerovnoramenné, pružinové, elektronické)

Jedním z důsledků speciální teorie relativity je ekvivalence hmotnosti a energie, vyjádřená vztahem $E = mc^2$, kde *c* je rychlost světla. Pozorovaným důsledkem je například tzv. hmotnostní deficit atomových jader. V teorii relativity se hmotnost tělesa zvyšuje, když se pohybuje větší rychlostí.



1.2.1 Kilogram

Snad nejjednodušší byl vývoj kilogramu. Již na konci 18. století byl kilogram chápán jako hmotnost 1 litru vody. V době, kdy byly připravovány prototypy metru, bylo také ze slitiny platiny a iridia odlito 40 prototypů kilogramu a jeden z nich byl vybrán a v roce 1899 byl prohlášen na první Všeobecné konferenci o mírách a vahách CGPM (La Conférence Générale des Poids et Mesures) za prototyp kilogramu. Od té doby je uložen v Mezinárodním úřadu pro míry a váhy (BIMP) v Sevres u Paříže. Jde o poslední jednotku SI definovanou pomocí prototypu. V poslední době proto probíhají intenzivní jednání o změně definice kilogramu tak, aby nebyla závislá na reálném etalonu. Jedna z možností je definice za pomoci Planckovy konstanty (**Planckova konstanta**: $(6,626\ 069\ 3 \pm 0,000\ 001\ 1) \times 10^{-34}$ J·s).



1.3 Čas

Čas je fyzikální veličina, která vyjadřuje dobu trvání děje.

Symbol veličiny: t (angl. *time*, lat. *tempus*)

Základní jednotka: sekunda, značka s (výraz *vteřina* lze používat v běžném jazyce, nikoliv ve fyzice nebo geometrii, kde označuje jednotku úhlu).

Další používané jednotky: rok, měsíc, týden, den, hodina h , minuta min , milisekunda ms

Detail pražského orloje



Pokusy o pochopení **času** byly po dlouhou dobu především doménou filozofů a vědců. Na smysl času existuje množství silně odlišných náhledů a je proto obtížné nabídnout jeho nekontroverzní a jasnou definici s výjimkou definice fyzikální jakožto „neprstorového lineárního kontinua, v němž se události stávají ve zjevně nevratném pořadí.“

Z pohledu speciální teorie relativity je čas jen jednou z dimenzí čtyřrozměrného časoprostoru, která se od ostatních tří dimenzí prostorových liší pouze z hlediska lidského pozorovatele.

Čas měříme hodinami. Měřením času se také zabývají hlavně vědci a technici a v minulosti představovalo prvotní motivaci v astronomii. Čas má také značnou sociální důležitost, ekonomickou („čas jsou peníze“) a rovněž osobní hodnotu, uvědomíme-li si jeho omezené množství v průběhu každého dne našich životů. Čas byl vždy důležité téma pro spisovatele, umělce a filozofy. Jednotky času odpovídají délce trvání událostí a intervalů mezi nimi. Pravidelně se opakující události a objekty se zjevně pravidelným pohybem dlouho sloužily jako standardy pro jednotky času – mezi takové očividně pravidelné jevy patří pohyb Slunce po obloze, fáze Měsíce a kmit kyvadla.

1.3.1 Sekunda

Sekunda byla původně definovaná jako 1/86 400 díl středního slunečního dne. Vzhledem k nerovnoměrnostem v rotačním pohybu Země, nebyla tato definice dlouhodobě udržitelná. V roce 1960 na jedenácté konferenci CGPM byla změněna definice sekundy. Byla přijata definice Mezinárodní astronomické unie založená na přesně definovaném zlomku tropického roku (doby zdánlivého oběhu Slunce kolem Země vzhledem k ekliptice). Krátce poté se ale ukázalo, že definice založená na frekvenci záření při přechodu mezi dvěma hladinami v atomu či molekule by byla mnohem přesnější. Proto došlo ke změně definice sekundy v roce 1967, stalo se tak na třinácté konferenci CGPM. Od té doby je sekunda definována jako doba trvání 9 192 631 770 period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133.

1889 Sekunda definována jako 1/86 400 díl středního slunečního dne. Kilogram definován jako hmotnost platino-iridiového prototypu uloženého v Mezinárodním úřadu pro míry a váhy v Sevres u Paříže.

1960 Sekunda definována jako určitý zlomek tropického roku.

1967 Sekunda definována jako doba trvání 9 192 631 770 period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133.



1.4 Teplota

Termodynamická teplota (též *teplota*) je fyzikální stavová veličina, která vyjadřuje stav *termodynamické rovnováhy* tělesa.

Symbol veličiny: t , T (angl. temperature)

Základní jednotka SI: *kelvin*, značka jednotky K

Další používané jednotky: *stupeň Celsia* °C, *stupeň Fahrenheita* °F, *stupeň Réaumura* °R, *stupeň Rankina* °R

Měřidla: teploměr kapalinový (rtuťový, lihový), plynový, teploměr bimetalový, teploměr elektrický (termoelektrický, odporový), teploměr radiační (pyrometr)

1.4.1 Kelvin

Kelvin (značený **K**) je jednotka teploty, indikující termodynamickou teplotu.

Kelvin je jednou ze sedmi základních jednotek soustavy SI, je definován 2 body:

- 0 K je teplota absolutní nuly, tedy naprosto nejnižší teplota, která je fyzikálně definována,
- 273,16 K je teplota trojného bodu vody.

Absolutní velikost jednoho stupně v Celsiově i Kelvinově stupnici je stejná – teplotní rozdíl 1 K je roven rozdílu 1 °C.

Tuto stupnici měření teplot navrhl skotský matematik a fyzik William Thomson, který byl za své výrazné vědecké úspěchy povýšen do šlechtického stavu a je znám jako *lord Kelvin*.

1.4.2 Stupeň Celsiův

Stupeň Celsia (značený °C) je jednotka teploty, kterou v roce 1742 vytvořil švédský astronom Anders Celsius.

Celsius stanovil dva pevné body: 0 °C pro teplotu varu vody a 100 °C pro teplotu tání vody (obojí při tlaku vzduchu 1013,25 hPa). Carl Linné stupnici později otočil a proto je dnes bod tání 0 °C a bod varu 100 °C.

Dnes je Celsiova stupnice (jako vedlejší jednotka soustavy SI) definována pomocí trojného bodu vody, kterému je přiřazena teplota 0,01 °C a tím, že absolutní velikost jednoho dílku teplotní stupnice (1 °C) je rovna 1 K.

1.4.3 Stupeň Fahrenheita

Stupeň Fahrenheita (značka °F) je jednotka teploty pojmenovaná po německém fyzikovi Gabrielu Fahrenheitovi. Dnes se používá hlavně v USA.

Vychází ze dvou základních referenčních bodů. Teplota 0 °F je nejnižší teplota, jaké se podařilo Fahrenheitovi dosáhnout (roku 1724) smícháním soli, vody a ledu a 96 °F teplota lidského těla. Později byly referenční body upraveny na 32 °F pro bod mrazu vody a 212 °F bod varu vody. Tyto referenční body jsou od sebe vzdáleny 180 stupňů, tudíž jeden stupeň Fahrenheita odpovídá 5/9 kelvinu, resp. stupně Celsia.

1.4.4 Stupeň Rankina

Stupeň Rankina (značený °R) je zastaralá jednotka teploty, kterou v roce 1859 vytvořil skotský inženýr a fyzik William John Macquorn Rankine.

Základním bodem stupnice je teplota absolutní nuly které je přiřazena hodnota 0 °R a jeden stupeň Rankina odpovídá stejnému rozdílu teploty jako 1 stupeň Fahrenheita. Teplota tání vody odpovídá hodnotě 491.67 °R.

1.4.5 Stupeň Réaumura

Stupeň Réaumura (značka °R) je jednotka teploty pojmenovaná po francouzském přírodovědci René Réaumurovi. Ten ji zavedl roku 1730.

Vychází ze dvou základních referenčních bodů. Teplota 0 °R je bod mrazu vody a 80 °R je bod varu vody při normálním atmosférickém tlaku. Réaumurova stupnice byla svého času velmi rozšířená, ale během 19. století byla nahrazena jinými systémy. Dnes se již nepoužívá.

1.5 Obsah

Obsah je fyzikální veličina, která vyjadřuje velikost plochy. Jiné názvy jsou *plocha*, *výměra*, *rozloha*.

Jednotky

Základní jednotka: *metr čtverečný*, značka jednotky: m^2

Další používané jednotky:

- kilometr čtverečný km^2
- hektar ha
- ar a
- decimetr čtverečný dm^2
- centimetr čtverečný cm^2
- milimetr čtverečný mm^2

Měřidla: planimetr, čtvercová síť

1.6 Objem

Objem je veličina, která vyjadřuje velikost prostoru, kterou zabírá těleso.

Symbol veličiny: V (angl. *volume*)

Základní jednotka: *metr krychlový*, značka jednotky: m^3

Další používané jednotky:

- *decimetr krychlový* dm^3
- *centimetr krychlový* cm^3
- *milimetr krychlový* mm^3
- *hektolitr* hl
- *litr* l
- *decilitr* dl
- *centilitr* cl
- *mililitr* ml

jednoduchý převod: $1 m^3 = 1\,000 dm^3 = 1\,000\,000 cm^3 = 1\,000\,000\,000 mm^3$

Jednotky mimo soustavu SI:

- Britské (UK)
 - bushel
 - fluid ounce
 - gallon
 - pint
- Americké (US)
 - barrel
 - bushel

- gallon
- fluid ounce
- liquid pint

Měřidla:

- odměrný válec

1.6.1 Litr

Litr byl roku 1793 zaveden ve Francii jako jedna z nových „republikánských jednotek“, zavedených za francouzské revoluce. Byl definován jako jeden decimetr krychlový; jeho jméno bylo odvozeno z jména starší francouzské jednotky *litron* (pocházejícího z řeckého *λίτρα* (*litra*), značícího jednotku hmotnosti).

V roce 1901 byl na 3. konferenci CGPM litr předefinován jako objem 1 kilogramu čisté vody za její maximální hustoty (tzn. při 3,98 °C) při standardním tlaku. Předpokládalo se, že tato hodnota je právě 1 dm³, později se však zjistilo, že kvůli chybě měření je ve skutečnosti objem 1 kg vody 1,000028 dm³.

V roce 1964 se proto na 12. konferenci CGPM vrátila původní definice litru jako jiného názvu pro decimetr krychlový. Bylo však doporučeno, aby se tato jednotka používala pouze pro obchod, ne pro vědecké účely.

Citováno z „<http://cs.wikipedia.org/wiki/Litr>“