

Vývoj a súčasný stav realizácie základných jednotiek sústavy SI



Patrik Balaskó, Jan Rybář, Jozef Leja, Tomáš Čamaj
Strojnícka fakulta, Slovenská technická univerzita, Bratislava,
Slovenská republika

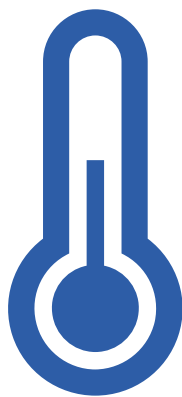


Úvod: Medzinárodná sústava jednotiek (SI) predstavuje základný rámec merania a zabezpečuje jednotnosť výsledkov naprieč všetkými oblasťami prírodných a technických vied. Po redefinícii SI jednotiek v roku 2019, založenej na presne definovaných hodnotách fundamentálnych fyzikálnych konštánt, sa otvorili nové možnosti pre realizáciu siedmich základných jednotiek –sekundy, metra, kilogramu, ampéra, kelvina, mólu a kandely – prostredníctvom kvantových javov a moderných experimentálnych metód [1]. Príspevok poskytuje prehľad aktuálneho stavu realizácie jednotlivých základných jednotiek a analyzuje ich vzájomné prepojenia z pohľadu súčasnej metrológie.

Jedným z hlavných prínosov redefinície SI je vyššia stabilita základných jednotiek a užšie prepojenie fundamentálnej fyziky s aplikovanou metrológiou. Rozvoj kvantových technológií, optických frekvenčných etalónov, kvantových snímačov a pokročilých metód spracovania meracích údajov vytvára predpoklady na ďalšie znižovanie neistôt merania a rozširovanie možností medzinárodnej nadväznosti etalónov. [1; 2]

Cieľom príspevku je poukázať na význam siedmich základných jednotiek SI ako dynamického systému založeného na univerzálnych fyzikálnych princípoch, ktorý podporuje reprodukovateľnosť experimentov, medzinárodnú porovnateľnosť výsledkov a rozvoj moderných vedeckých disciplín. Súčasne sú identifikované perspektívy ďalšieho vývoja metrológie v kontexte pripravovaných optických redefinícií časových etalónov, kvantových informačných technológií a rastúcich požiadaviek na presnosť meraní [3] vo vede, priemysle a spoločnosti.

Prečo bola SI redefinovaná?
Od roku 2019 sú všetky jednotky SI definované pomocou **fundamentálnych fyzikálnych konštánt**.
Definície sú nezávislé od fyzických artefaktov.
Zabezpečujú dlhodobú stabilitu a reprodukovateľnosť meraní.
Umožňujú realizáciu jednotiek pomocou moderných kvantových experimentov.
➔ 1799 – etalony; 1960 – moderná SI; **2019 – redefinícia pomocou konštánt**.



Sedem základných jednotiek SI

Jednotka	Symbol	Fundamentálna konštanta	Moderná realizácia
sekunda	s	hyperjemný prechod atómu cézia-133 ($\Delta\nu_{Cs}$) $\Delta\nu_{Cs}$	atómové a optické hodiny
meter	m	rýchlosť svetla vo vákuu (c) c	laserová interferometria
kilogram	kg	Planckova konštanta (h) h	Kibbleho váha
ampér	A	elementárny náboj (e) e	kvantový Hallov jav, Josephsonov jav
kelvin	K	Boltzmannova konštanta (k) k_B	akustická termometria
mól	mol	Avogadrova konštanta (N_A) N_A	presný počet entít
kandela	cd	svetelná účinnosť monochromatického žiarenia s frekvenciou 540 $\times 10^{12}$ Hz (K_{cd}) K_{cd}	fotometrické etalóny

- Súčasný vývoj:
- ✓ optické frekvenčné etalóny
 - ✓ kvantové senzory
 - ✓ kvantová metrológia
 - ✓ digitálne spracovanie meraní
 - ✓ medzinárodná nadväznosť etalónov



- Závery:
- ✓ SI je založená na univerzálnych fyzikálnych konštantách.
 - ✓ Redefinícia z roku 2019 zvýšila stabilitu a presnosť jednotiek.
 - ✓ Kvantové technológie umožňujú nové spôsoby realizácie etalónov.
 - ✓ Budúcnosť metrológie smeruje k optickým časovým etalónom a kvantovým technológiám.



Podakovanie:
Príspevok vznikol s podporou projektu KEGA číslo 028STU-4/2026 a projektu ČABELKA CAC-01-26. Autori zároveň ďakujú Strojníckej fakulte Slovenskej technickej univerzity v Bratislave za podporu vedeckovýskumnej činnosti.

Literatúra:
[1] ŘASA, J. Přehled vzorců a pouček z mechaniky: pro střední a vysoké školy technické: veličiny a jednotky, statika, kinematika, dynamika, pružnost a pevnost, hydromechanika, termomechanika. Mníšek pod Brdy: Scientia, 2023. ISBN 978-80-86960-75-3.
[2] CHUDÝ, V.; PALENČÁR, R.; KUREKOVÁ, E.; HALAJ, M. Meranie technických veličín. Vydavateľstvo Bratislava: STU, 1999. 688 s. ISBN 80-227-1275-2.
[3] KELEMENOVÁ, T.; DOVICA, M. Kalibrácia meradiel. 1. vyd. Košice: TU v Košiciach. Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 2016. 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.

