

O MOŽNEJ BUDÚCEJ REVÍZII MEDZINÁRODNEJ SÚSTAVY JEDNOTIEK SI.

Uznesenie A

z 24. zasadnutia Generálnej konferencie o váhach a mierach (CGPM)

berúc do úvahy

- medzinárodnú zhodu názorov vo veci dôležitosti, významu a možných výhod predefinovania viacerých jednotiek Medzinárodnej sústavy jednotiek (SI);
- že národné metrologické inštitúcie (NMI), ako aj Medzinárodný úrad pre váhy a miery (BIPM) oprávnené vynaložili v posledných desaťročiach značné úsilie o skvalitnenie Medzinárodnej sústavy jednotiek (SI) rozšírením hraníc metrológie tak, aby sa základné jednotky SI mohli definovať v zmysle prirodzených invariantov - základných fyzikálnych konštánt alebo vlastností atómov;
- že markantným príkladom úspechu takýchto snažení je súčasná definícia jednotky dĺžky – metra (17. zasadnutie CGPM v r. 1983 – Uznesenie č. 1), ktorá meter spája s presnou hodnotou rýchlosti svetla vo vákuu, c , menovite 299 792 458 m za sekundu;
- že zo siedmich základných jednotiek SI sa už len kilogram stále definuje v zmysle hmotného artefaktu, a to medzinárodného prototypu kilogramu (1. zasadnutie CGPM v r. 1889, 3. zasadnutie CGPM v r. 1901), a že definície ampéra, mólu a kandely závisia od kilogramu;
- že napriek tomu, že medzinárodný prototyp dobre slúžil vede a technike odkedy ho CGPM schválila na svojom prvom zasadnutí v r. 1889, vykazuje celý rad významných nedostatkov – jedným z najvýznamnejších je to, že hmotnosť nie je explicitne priradená prirodzenému invariantu a teda nie je zaručená jej dlhodobá stabilita;
- že CGPM na 21. zasadnutí v r. 1999 prijala Uznesenie č.7, v ktorom odporúča aby „národné laboratória pokračovali v úsilí o vylepšenie experimentov, ktoré priradia jednotku hmotnosti základnej alebo atómovej konštante s cieľom budúceho predefinovania kilogramu“;
- že v posledných rokoch došlo k značnému pokroku pri definovaní hmotnosti medzinárodného prototypu na základe Planckovej konštanty metódami, ktoré zahrňujú wattové váhy a meranie hmotnosti atómu kremíka;
- že neistoty všetkých jednotiek elektriny realizované priamo alebo nepriamo pomocou Josephsonovho javu alebo kvantového Hallovho javu spolu s hodnotami Josephsonovej a Klitzingovej konštanty K_J a R_K by sa mohli významne zmenšiť, ak by sa predefinoval kilogram tak, aby bol priradený presnej číselnej hodnote h a ak by sa ampér predefinoval tak, aby bol priradený presnej číselnej hodnote elementárneho náboja e ;
- že kelvin je v súčasnosti definovaný z hľadiska vnútornej vlastnosti vody, ktorá i keď je prirodzeným invariantom v praxi závisí od čistoty a izotopického zloženia vody;
- že je možné predefinovať kelvin tak, aby bol priradený presnej číselnej hodnote Boltzmannovej konštanty k ;
- že je tiež možné predefinovať mól tak, aby bol priradený presnej číselnej hodnote Avogadrovej konštanty N_A , čím by mól už nezávisel od definície kilogramu ani vtedy, ak by bol kilogram definovaný tak, že je priradený presnej číselnej hodnote h , čím by sa zdôraznil rozdiel medzi množstvom substancie a hmotnosťou;
- že by sa eliminovali alebo značne zmenšili neistoty hodnôt mnohých ďalších základných konštánt a prepočítavacích koeficientov energie, ak by h , e , k a N_A boli vo vyjadrení v jednotkách SI presnými číselnými hodnotami;
- že Všeobecná konferencia na svojom 23. zasadnutí v r. 2007 schválila Uznesenie č. 12, v ktorom načrtla rozsah prác pre národné metrologické inštitúcie, pre BIPM a Medzinárodný výbor pre váhy a miery (CIPM) spolu s poradnými výbormi (CC) tak, aby bolo možné prijať nové definície kilogramu, ampéru, kelvinu a mólu v zmysle základných konštánt;
- že napriek tomu, že táto práca pokračuje dobre, neboli splnené všetky požiadavky stanovené

v Uznesení č. 12, ktoré Všeobecná konferencia prijala na svojom 23. zasadaní v r. 2007, a teda Medzinárodný výbor pre váhy a miery nie je ešte pripravený vypracovať definitívny návrh;

- že napriek tomu je možné už v súčasnosti predložiť jednoznačný a podrobný výklad predpokladaného návrhu;

berie na vedomie vôľu Medzinárodného výboru pre váhy a miery navrhnuť nasledovnú revíziu SI:

- Medzinárodná sústava jednotiek SI bude sústavou jednotiek, v ktorej:
 - frekvencia hyperjemného štiepenia základného stavu atómu cézia $133 \Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ je presne 9 192 631 770 hercov,
 - rýchlosť svetla c vo vákuu je presne 299 792 458 metrov za sekundu,
 - Planckova konštanta h je presne $6,626\,068\,96 \times 10^{-34}$ joulov za sekundu,
 - elementárny náboj e je presne $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ coulomba,
 - Boltzmannova konštanta k je presne $1,380\,658\,374 \times 10^{-23}$ joula na kelvin,
 - Avogadrova konštanta N_A je presne $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ prevrátenej hodnoty mólu,
 - svietivosť K_{cd} monochromatického žiarenia kmitočtu 540×10^{12} Hz je presne 683 lumenov na watt,

kde

(i) herc, joule, coulomb, lumen a watt so symbolmi Hz, J, C, lm a W sa spájajú s jednotkami sekunda, meter, kilogram, ampér, kelvin, mól a kandela, ku ktorým sú priradené symboly s, m, kg, A, K, mol a cd, pričom $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$, $\text{C} = \text{s A}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$ a $\text{W} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$,

(ii) symbol X v tomto návrhu uznesenia predstavuje jedno alebo viac doplnkových číslic, ktoré sa pridávajú k numerickým hodnotám h , e , k a N_A s použitím hodnôt podľa najnovšej úpravy komisiou CODATA ,

z čoho vyplýva, že SI bude naďalej musieť uvádzať súbor siedmich základných jednotiek, menovite:

- kilogram zostane naďalej jednotkou hmotnosti, ale jeho veľkosť sa určí stanovením číselnej hodnoty Planckovej konštanty presne na $6,626\,068\,96 \times 10^{-34}$ pri vyjadrení v jednotke SI $\text{m}^2 \text{kg s}^{-1}$, čo sa rovná J s,
- ampér zostane naďalej jednotkou elektrického prúdu, ale jeho veľkosť sa určí stanovením číselnej hodnoty elementárneho náboja presne na $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ pri vyjadrení v jednotke SI s A, čo sa rovná C,
- kelvin zostane naďalej jednotkou termodynamickej teploty, ale jeho veľkosť sa určí stanovením číselnej hodnoty Boltzmannovej konštanty presne na $1,380\,658\,374 \times 10^{-23}$ pri vyjadrení v jednotke SI $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$, čo sa rovná J K^{-1} ,
- mól zostane naďalej jednotkou množstva látky špecifikovanej elementárnej entity, ktorou môže byť atóm, molekula, ión, elektrón alebo akákoľvek iná častica alebo špecifikovaná skupina takýchto častíc, ale jeho veľkosť sa určí stanovením číselnej hodnoty Avogadrovej konštanty presne na $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$, pri vyjadrení v jednotke SI mol^{-1} .

Všeobecná konferencia o váhach a mierach

ďalej konštatuje, že nakoľko

- nové definície kilogramu, ampéra, kelvina a mólu majú byť výslovne konštantnými, to znamená definíciami, v ktorých je jednotka definovaná nepriamo tak, že sa explicitne špecifikuje presná hodnota pre riadne uznanú základnú konštantu,
- existujúca definícia metra je priradená presnej hodnote rýchlosti svetla vo vákuu, čo je tiež riadne uznaná základná konštanta,
- existujúca definícia sekundy je priradená presnej hodnote riadne definovanej vlastnosti atómu

cézia, čo je tiež prirodzený invariant.

- napriek tomu, že existujúca definícia kandely nie je priradená základnej konštante, môže sa považovať ako priradená presnej hodnote prirodzeného invariantu,
- zrozumiteľnosť medzinárodnej sústavy jednotiek by sa zlepšila, ak by všetky základné jednotky mali podobné znenie,

Medzinárodný výbor pre váhy a miery navrhne taktiež aj preformulovanie existujúcich definícií sekundy, metra a kandely do úplne ekvivalentných podôb, čo by mohlo znieť nasledovne:

- sekunda, symbol s, je jednotka času; jej veľkosť je určená stanovením číselnej hodnoty frekvencie hyperjemného štiepenia základného stavu atómu cézia 133 v pokoji a pri teplote 0 K, čo je hodnota presne 9 192 631 770, pri vyjadrení v jednotke SI s^{-1} , čo sa rovná Hz,
- meter, symbol m, je jednotka dĺžky; jej veľkosť je určená stanovením číselnej hodnoty rýchlosti svetla vo vákuu, čo je hodnota presne 299 792 458, pri vyjadrení v jednotke SI m s^{-1} ,
- kandela, symbol cd, je jednotka svietivosti v danom smere; jej veľkosť je určená stanovením číselnej hodnoty svetelnej účinnosti monochromatického žiarenia kmitočtu 540×10^{12} Hz, čo je hodnota presne 683, pri vyjadrení v jednotke SI $\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{cd sr}$, alebo cd sr W^{-1} , čo sa rovná lm W^{-1} .

Týmto spôsobom sa definície všetkých siedmich základných jednotiek budú javiť ako prirodzene vyplývajúce zo súboru už uvedených siedmich konštánt.

Následne k dátumu zvoleného pre zavedenie revízie SI:

- bude zrušená definícia kilogramu platná od r. 1889 na základe hmotnosti medzinárodného prototypu kilogramu (1. zasadanie CGPM v r. 1889, 3. zasadanie CGPM v r. 1901),
- bude zrušená definícia ampéra platná od r. 1948 (9. zasadanie CGPM v r. 1948) založená na definícii navrhutej Medzinárodným výborom (CIPM, r. 1946, Uznesenie č. 2),
- budú zrušené konvenčné hodnoty Josephsonovej konštanty K_{J-90} a Klitzingovej konštanty R_{K-90} , ktoré prijal Medzinárodný výbor (CIPM v r. 1988, Odporúčania 1 a 2) na žiadosť Všeobecnej konferencie (18. zasadanie CGPM v r. 1987, Uznesenie č. 6) pre stanovenie zápisu voltu a ohmu pomocou Josephsonovho javu a kvantového Hallovhovho javu,
- bude zrušená definícia kelvina platná od r. 1967/68 (13. zasadanie CGPM v r. 1967/68, Uznesenie č. 4), založená na menej explicitnej predchádzajúcej definícii (10. zasadanie CGPM v r. 1954, Uznesenie č. 3),
- bude zrušená definícia mólu platná od r. 1971 (14. zasadanie CGPM v r. 1971, Uznesenie č. 3) založená na definícii, kde mólová hmotnosť uhlíka 12 mala presnú hodnotu $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$,
- budú zrušené súčasné definície metra, sekundy a kandely prijaté na 17. zasadaní CGPM (r. 1983, Uznesenie č. 1), 13. zasadaní CGPM (r. 1967/68, Uznesenie č. 1) a na 16. zasadaní (r. 1979, Uznesenie č. 3).

Všeobecná konferencia pre váhy a miery

ďalej konštatuje, že k tomu istému dátumu

- bude hmotnosť medzinárodného prototypu kilogramu $m(K)$ 1 kg, ale s relatívnou neistotou rovnajúcou sa neistote odporúčanej hodnoty h tesne pred predefinovaním jednotky a že jej hodnota bude následne stanovená experimentálnym spôsobom,
- magnetická konštanta (priepustnosť vákuu) μ_0 bude $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$, ale s relatívnou neistotou rovnajúcou sa neistote odporúčanej hodnoty konštanty jemnej štruktúry α a že jej hodnota bude následne stanovená experimentálnym spôsobom,
- termodynamická teplota trojitého bodu vody T_{TPW} bude 273,16 K, ale s relatívnou neistotou rovnajúcou sa neistote odporúčanej hodnoty k tesne pred predefinovaním jednotky a že jej

hodnota sa následne stanovení experimentálnym spôsobom,

- mólová hmotnosť uhlíka 12 $M(^{12}\text{C})$ bude $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, ale s relatívnou neistotou rovnajúcou sa neistote odporúčanej hodnoty $N_A h$ tesne pred predefinovaním jednotky a že jej hodnota sa následne stanoví experimentálnym spôsobom.

Všeobecná konferencia o váhach a mierach

podporuje

- výskumných pracovníkov v národných metrologických inštitúciách, BIPM a akademických ústavoch v tom, aby pokračovali vo svojom úsilí a oboznamovali vedeckú komunitu vo všeobecnosti a najmä komisiu CODATA s výsledkami svojej práce súvisiacimi so stanovovaním konštant h , e , k , a N_A a
- BIMP v pokračovaní práce na vytváraní nadväznosti uchovávaných prototypov na medzinárodný prototyp kilogramu, ako aj pri vytváraní súborov referenčných etalónov na ľahšie šírenie jednotky hmotnosti po jej predefinovaní,

vyzýva

- komisiu CODATA, aby pokračovala v poskytovaní upravených hodnôt základných fyzikálnych konštant založených na všetkých dostupných relevantných informáciách a o výsledkoch informovala Výbor prostredníctvom poradného výboru pre meracie jednotky, nakoľko tieto hodnoty a neistoty, ktorými disponuje komisia CODATA sú hodnotami a neistotami, ktoré sa použijú na revidovanie SI,
- CIPM na vypracovanie návrhu na revíziu SI, len čo budú splnené odporúčania Uznesenia č. 12 z 23. zasadania Všeobecnej konferencie, menovite príprava na uvádzania nových definícií kilogramu, ampéru, kelvina a mólu do praxe,
- CIPM na pokračovanie práce zameranej na lepšiu formuláciu definícií základných jednotiek SI pokiaľ ide o základné konštanty, ktorých opis má byť podľa možnosti jednoduchší, aby mu užívatelia celkovo ľahšie rozumeli, pričom má byť vedecky presný a jednoznačný,
- CIPM, poradné výbory, BIPM, OIML a národné metrologické inštitúcie, aby v podstatnej miere zvýšili úsilie na začatie prípravnej kampane zameranej na upozornenie spoločenstiev užívateľov a verejnosti o pripravovanom zámere predefinovať rôzne jednotky SI, ako aj na podporu posúdenia praktickej, technickej a legislatívnej implikácie takýchto predefinovaní tak, aby sa tieto pripomienky a príspevky dali vyžiadať od širších vedeckých a užívateľských spoločností.