

Univerzita Palackého
v Olomouci

METROLOGIE

- Metrologie je věda o měření.
- **Hlavní úkoly metrologie:**
 - definování všeobecně uznávaných veličin a jednotek měření,
 - realizace jednotek měření s pomocí vědeckých metod,
 - vytváření řetězců návaznosti od výsledků měření v laboratořích k etalonům jednotek měřených veličin.
- Metrologie tedy zahrnuje veškeré teoretické a praktické aspekty měření, jakékoliv nejistoty měření a obory použití.
- **Výsledek měření** je soubor hodnot veličiny přiřazený měřené veličině s jakoukoliv další dostupnou relevantní informací. Výsledek měření je obecně vyjádřen jako jedna naměřená hodnota veličiny a nejistota měření.
- **Měření** je proces experimentálního získávání jedné nebo více hodnot veličiny, které mohou být důvodně přiřazeny veličině.

2

Univerzita Palackého
v Olomouci

HISTORIE MĚŘENÍ



- Starověký Egypt: loket = jednotka délky
 - žulový blok jako „primární“ standard
 - dřevěné tyče mezi dělníky jako „sekundární“ standardy – vždy v úplňku porovnávány s primárním standardem
 - Velká pyramida: čtvercová základna se stranou 230 m, strany se od sebe liší max. o 58 mm
- Proces porovnávání každodenních měření s primárním standardem nebo jinou referencí = zajištění návaznosti
- Odlišné národní standardy působily problémy při mezinárodním obchodu.
- 1875: metrická konvence




Univerzita Palackého
v Olomouci

HISTORIE MĚŘENÍ

- **BIPM** (Mezinárodní úřad pro míry a váhy) – mezinárodní instituce uchovávající artefakty m a kg (1875).
- 1960: **systém SI jednotek** (v ČSSR od 1980).
- 2. pol. 20. stol. – systém prototypů jednotek nedostačuje úroveň přesnosti požadavkům vědy a technologie \Rightarrow jednotky nově definovány pomocí fyzikálních konstant (2018 nové definice kg, K, A, mol – Avogadrova konstanta)







Univerzita Palackého
v Olomouci

HISTORIE MĚŘENÍ

- 1993: CCQM (Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry and Biology) – Poradní výbor pro látkové množství
 - Jeden z řady poradních výborů CIPM (International Committee for Weights and Measures)
 - Pracovní skupiny pro hlavní oblasti měření v chemii a biologii
 - Organizuje porovnávací měření na vysoké úrovni – pro metrologické instituty
 - Zajištění celosvětové návaznosti pro účastníky tak, aby na národních úrovních mohli poskytovat kalibrační a validační služby.
- **mol** (jednotka látkového množství) – je definován numerickou hodnotou Avogadrovy konstanty $N_A = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. 1 mol tedy obsahuje N_A entit (atomů, molekul, iontů nebo specifikovaných částic).
 - Dříve byl mol definován jako látkové množství soustavy, která obsahuje tolik entit, kolik je atomů v 0,012 kg nuklidu uhlíku ^{12}C .



Univerzita Palackého
v Olomouci

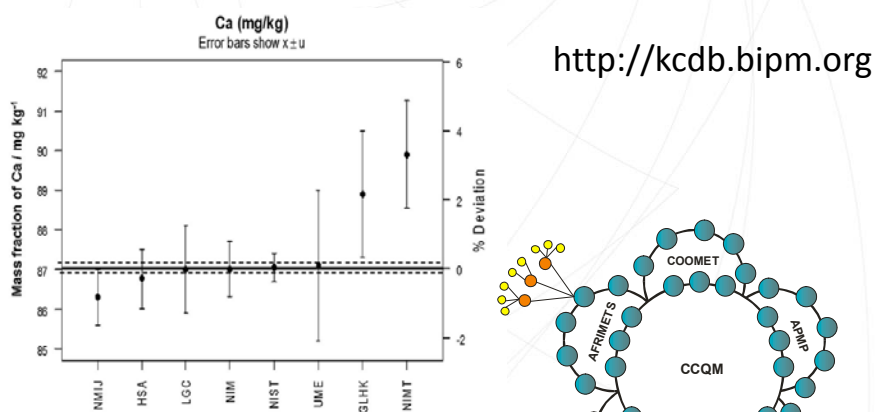


Fig. 1 Results from a CCQM comparison for metrology institutes (CCQM-K107). The plot shows values for Ca in human serum; error bars depict standard uncertainties. The solid horizontal line is the suggested reference value of 87.02 mg kg^{-1} ; the dashed lines show the estimated standard uncertainty interval calculated with a coverage factor $k = 1$ (*Metrologia*, 2016, 53, Tech. Suppl., 08008).



Univerzita Palackého
v Olomouci

Struktura metrologie v ČR

Do českého metrologického systému patří:

- Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ)
- Český metrologický institut (ČMI)
- Státní metrologická střediska (SMS)
- Střediska kalibrační služby (SKS)
- organizace provádějící úřední měření
- uživatelé, výrobci, opravárenské organizace, dovozci měřidel



Mezi hlavní cíle metrologického systému patří:

- zajistit jednotnost a přesnost u všech celospolečensky důležitých měřidel a měření,
- zajistit mezinárodně uznávanou návaznost pro všechny obory měření,
- rozvíjet a udržovat české primární etalony,
- zabezpečit vysokou úroveň české metrologie na úseku státní metrologické kontroly měřidel,
- podpora podnikání v ČR (výroba, montáž, opravy, dovozu a vývozu měřidel),
- zabezpečit výkon státní správy na úseku metrologie.



Univerzita Palackého
v Olomouci

Metrologie v praxi

Čerpací stanice, dobíjecí stanice pro elektromobily, ...

Vodoměry, elektroměry, váhy v obchodech, ...

Váhy, teploměry, odměrné baňky v laboratoři





Univerzita Palackého
v Olomouci

Metrologie ve fyzice a chemii

– Metrologie ve fyzice:

- Obvykle přímá měření nezávislá na typu vzorku (délka, hmotnost, teplota, ...)
- Srovnávání veličin – přímo k jednotce (kalibrace měřidel)
- Od roku 1875 – tzv. metrická konvence

– Metrologie v chemii:

- Kvalita výsledků je ovlivněna řadou faktorů – závislost na typu vzorku
- Srovnání veličiny analytu k jednotce (mol/kg)
- Od roku 1993 – založení CCQM (Poradní výbor pro látkové množství u BIPM)



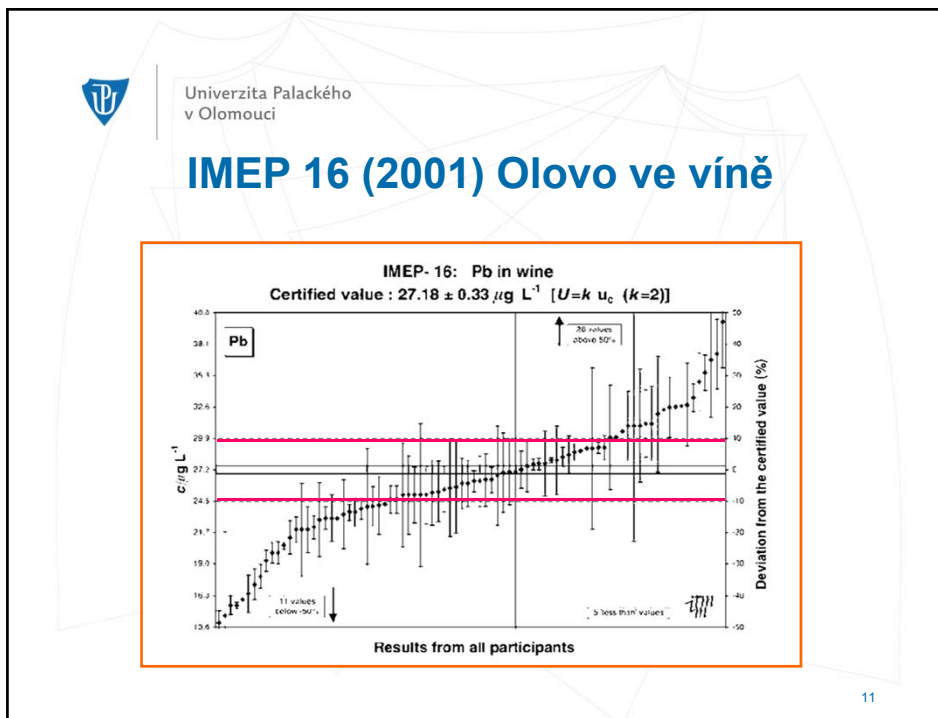
Univerzita Palackého
v Olomouci

Certifikační studie kovů v sušeném mléku:

- V „1. kole“ mohly laboratoře používat jakékoliv postupy.
- Ve „2. kole“ musely laboratoře použít jeden ze 3 doporučených postupů s validovanými metodami.

| Prvek (ppm) | Rozsah výsledků v „1. kole“ | Rozsah výsledků ve „2. kole“ | Certifikované hodnoty |
|-------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Cd | 0,4 – 4500 | 1,0 – 5,6 | 2,9 |
| Pb | 68 – 5500 | 92,4 – 112,5 | 104,5 |
| Cu | 470 – 9257 | 475 – 700 | 545 |

10



Univerzita Palackého
v Olomouci

Specifika metrologie v chemii

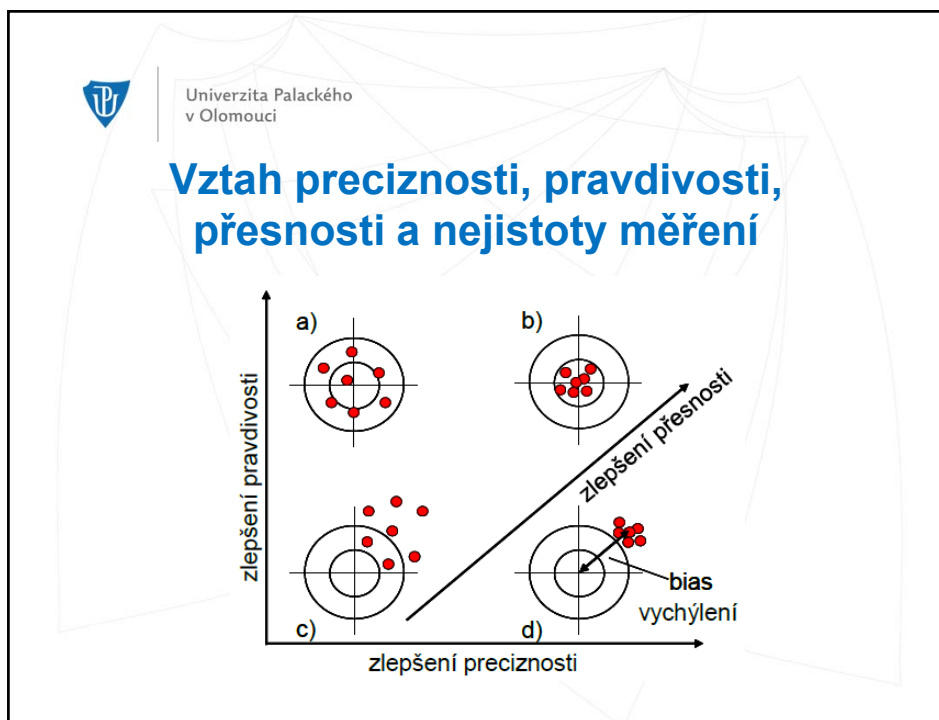
- Rozdíl v definici tzv. měřené veličiny.
 - *měřená veličina (measurand) veličinou, kterou máme měřit.*
- Měřenou veličinu je nutné určit dostatečně podrobně. V chemické a biochemické analýze definujeme ještě analyt, což je vlastně složka měřeného systému představovaná názvem měřitelné veličiny. Příklad:
 - látková koncentrace glukózy v plasmě,
 - látková koncentrace glukózy v moči.
- Různé měřené veličiny, přičemž analyt je stejný – glukóza.
- Určení měřené veličiny v chemii je závislé na charakteru vzorku!
- Výsledek měření musí být vhodný pro zamýšlené použití (diagnóza?) a měřená veličina silně závisí na měřícím postupu (laboratoř vs. POCT).
- Měřící postupy pro stanovení glukózy v plasmě a moči rozdílné.



Univerzita Palackého
v Olomouci

Přesnost a správnost v metrologii

| Anglický termín | Ekvivalent v chemii (do r. 2008) | Ekvivalent VIM3 (od r. 2009) |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Measurement trueness | Pravdivost měření | Pravdivost měření |
| Measurement accuracy | Správnost měření | Přesnost měření |
| Measurement precision | Přesnost měření | Preciznost měření |



Univerzita Palackého
v Olomouci

POJMY (zjednodušeně)

- **Preciznost** – jak blízko sebe jsou výsledky opakovaných měření stejného vzorku.
 - Popisuje se směrodatnou odchylkou.
 - Opakovatelnost, reprodukovatelnost.
- **Přesnost** – rozdíl jednoho výsledku a referenční (očekávané) hodnoty.
 - Popisuje se chybou.
- **Pravdivost** – rozdíl průměru z více výsledků a referenční (očekávané) hodnoty.
 - Popisuje se vychýlení (bias).

Univerzita Palackého v Olomouci

POJMY

DEFINICE – viz Kvalimetrie 23

- **Preciznost:**

- Kvantitativní parametr – vyjadřuje se např. směrodatnou odchylkou, za specifikovaných podmínek měření:
 - opakovatelnost měření,
 - mezilehlá preciznost měření,
 - reprodukovatelnosti měření.

- **Pravdivost:**

- Kvantitativní parametr, vyjadřuje se vychýlením (bias).
- Pravdivý výsledek je zatížen zanedbatelnou systematickou chybou.
- Mírou pravdivosti (skutečnosti) je vychýlení.

