

# ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18\_056/0013239

## Elektrická měření úvod do předmětu

Přednáška KET/ELM

J. Švarný



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# ELM - Elektrická měření

## Obsah:

- KET/ELM - požadavky (zápočet, zkouška)
- KET/ELM - náplň předmětu
- KET/ELM - organizace cvičení
- KET/ELM - doporučená literatura
- Elektrická měření - základní pojmy
- Soustavy jednotek
- Měřicí metody
- Literatura

# KET/ELM - Elektrická měření

## Požadavky

### Podmínky zápočtu:

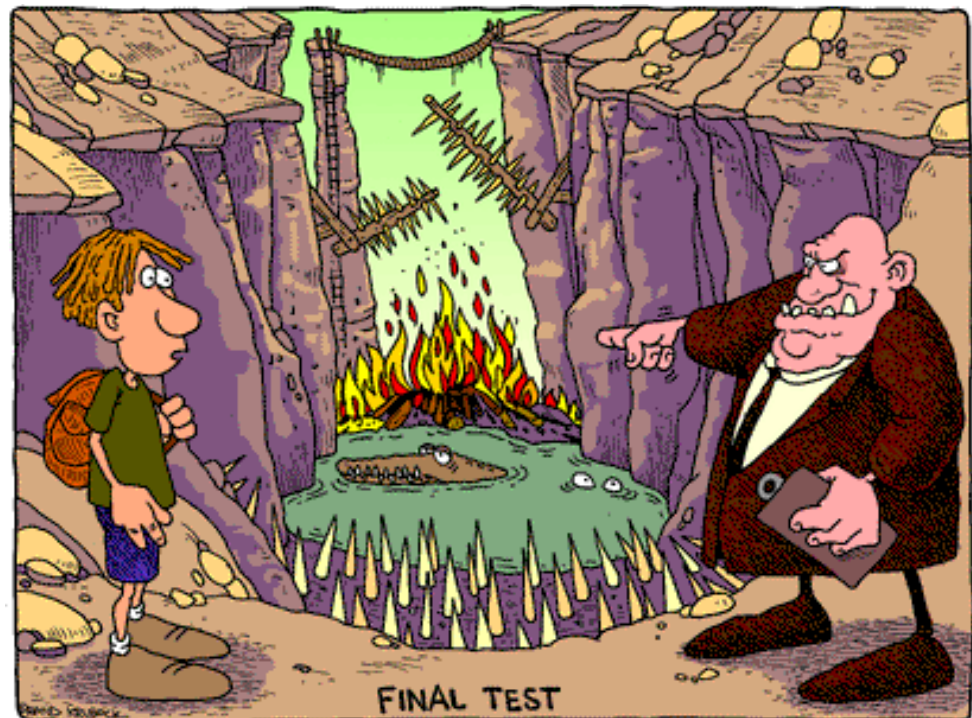
- 1) Účast na cvičeních
- 2) Vypracované a odevzdané referáty (do **31.5.2022**)
- 3) Zápočtový test (min **60%**, max. **3** pokusy)

### Zkouška:

- 1) Písemná část
- 2) Ústní část

### Návody ke cvičením:

portal.zcu.cz



(převzato z: [http://www.educatorscorner.com/images/cartoon\\_finaltstb-lg.gif](http://www.educatorscorner.com/images/cartoon_finaltstb-lg.gif))

# KET/ELM - Elektrická měření

## Obsah přednášek – LS 2022

Předn.	Téma přednášky
1.	Úvod do předmětu; podmínky absolvování; základní pojmy
2.	Chyby a nejistoty měření; systematická chyba; náhodná chyba; třída přesnosti; chyba digitálního přístroje; standardní nejistota typu A a B; kombinovaná a rozšířená nejistota
3.	Měření el. napětí a proudu – etalony; principy; metody měření DC a AC proudu a napětí; příklady měřicích přístrojů
4.	Měření výkonu elektrického proudu a spotřeby el. energie - principy; metody měření výkonu DC a AC proudu a příklady měřicích přístrojů
5.	Měření frekvence a fázového posuvu – etalony; metody měření; příklady měřicích přístrojů
6.	Měření elektrického odporu - etalony; metody měření; příklady měřicích přístrojů
7.	Měření impedancí – náhradní zapojení reálných cívky a kondenzátoru; volt-ampérická metoda; měření impedancí V-metrem; A-metrem a W-metrem můstkové a rezonanční metody, RLC měřič
8.	Magnetická měření – měření intenzity a indukce stejnosměrného a střídavého magnetického pole, měření hysterezní smyčky feromagnetika, měření ztát v železe
9.	Elektromechanické přístroje – magnetoelektrické, elektromagnetické, elektrodynamické, ferodynamické, indukční a tepelné ústrojí: principy, vlastnosti použití
10.	Měřicí převodníky I. – operační zesilovač; měřicí zesilovač; operační zesilovače; přístrojový zesilovač; převodníky pro měření součtu, rozdílu, součinu a podílu
11.	Měřicí převodníky II. – převodníky pro měření maximální, efektivní a střední hodnoty; převodníky True RMS; aktivní a pasivní usměrňovače v měřicích přístrojích
12.	Digitální multimetry – blokové uspořádání; A/D převodník v DMM; rušivé vlivy a jejich omezení (CMR, NMR)
13.	Osciloskopy – princip analogového a digitálního osciloskopu, osciloskopické sondy

# KET/ELM - Elektrická měření

## Obsah cvičení – Program plánovaný pro kontaktní výuku

### Program pro skupiny začínající v EU407:

Týden	Měřicí skupina			
	A	B	C	D
1.	Úvod, bezpečnost práce, řád laboratoře			
2.	Výklad k úlohám #1, #2, #3, #4 (EU407)			
3.	#1	#2	#3	#4
4.	#2	#3	#4	#1
5.	#3	#4	#1	#2
6.	#4	#1	#2	#3
7.	Výklad k úlohám #5, #6, #7, #8 (EU409)			
8.	#5	#6	#7	#8
9.	#6	#7	#8	#5
10.	#7	#8	#5	#6
11.	#8	#5	#6	#7
12.	Zápočtový test			
13.	Zápočet			

### Seznam měřených úloh:

- #1 Zjišťování parametrů měřidla
- #2 Měření odporů
- #3 Měření činného výkonu v třífázové síti
- #4 Měření vzájemné indukčnosti a činitele vazby
- #5 Vliv kmitočtu a neharmonických průběhů na údaj měřicího přístroje
- #6 Nevyvážený Wheatstoneův můstek
- #7 Měření impedance metodou třech voltmetrů
- #8 Měření frekvenčních charakteristik

# KET/ELM - Doporučená literatura

- [1] Haasz, V. a kol.: Elektrická měření - přístroje a metody, ČVUT, 2018.
- [2] Haasz, V.: Sedláček, M.: Elektrická měření - přístroje a metody, ČVUT, 2005.
- [3] Vedral, J.: Svatoš, J.: Zpracování a digitalizace analogových signálů v měřicí technice, ČVUT, 2018.
- [4] Tůmová, O. a kol.: Elektrická měření, měřicí metody, ZČU, 2005.
- [5] Fajt, V. a kol.: Elektrická měření, SNTL, 1987.
- [6] Kularanta, N.: Digital and Analogue Instrumentation – testing and measurement, IEE Electrical Measurement series 11; London; 2003.
- [7] Northrop, R. B.: Introduction to Instrumentation and Measurements. CRC Press, New Taylor & Francis Group, NewYork, 2017.
- [8] Tumanski, S.: Principles of Electrical Measurement, Taylor & Francis Group, New York, 2006.

# Elektrická měření – základní pojmy

**Elektrická měření** = měření elektrických veličin, neelektrických a magnetických veličin s využitím elektrických měřicích prostředků (míry, přístroje, převodníky).

**Míra** – měřidlo reprodukující hodnotu měřené veličiny (např. odporový etalon, kapacitní etalon, odporová dekáda...)



*Etalon odporu  
(Tinsley)*



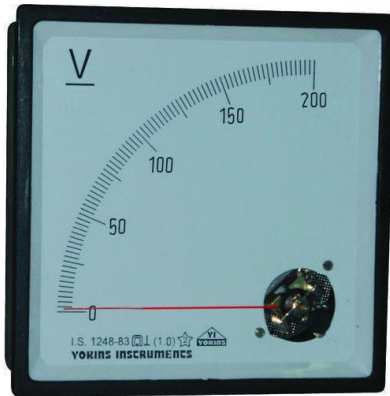
*Odporová dekáda  
(Chauvin Arnoux)*



*Etalon kapacity  
(IET)*

# Elektrická měření – základní pojmy

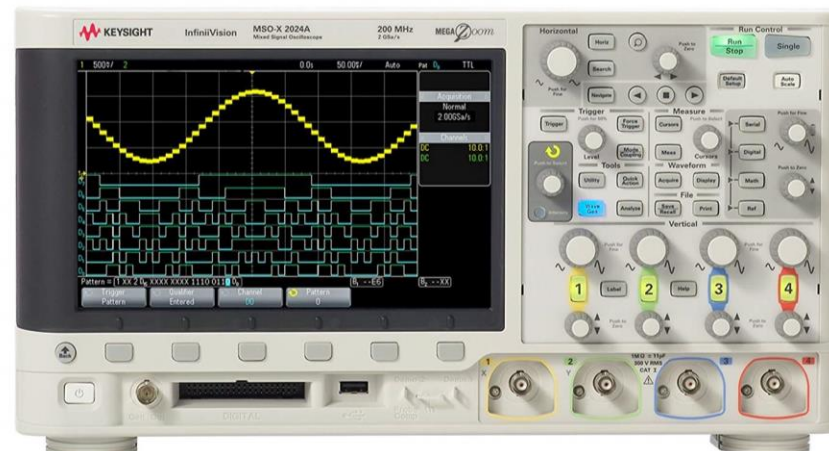
**Přístroj** – měřicí prostředek indikující výsledky měření na analogové stupnici nebo na displeji



*Ručkový voltmetr (Metra)*



*Digitální multimetr (Agilent 34401A)*



*Osciloskop MSOX2024A (Keysight)*

# Elektrická měření – základní pojmy

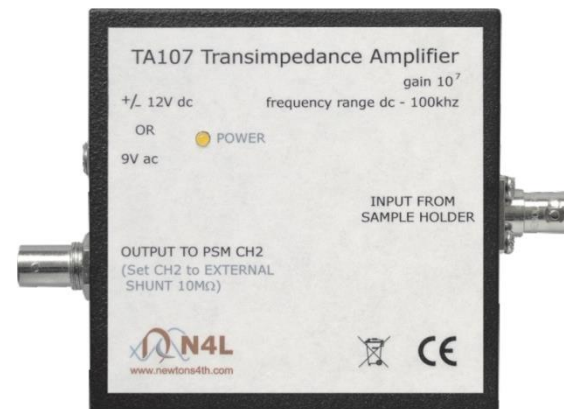
**Převodník** – měř. prostředek, který transformuje vstupní elektrickou popř. neelektrickou veličinu na elektrickou výstupní veličinu.



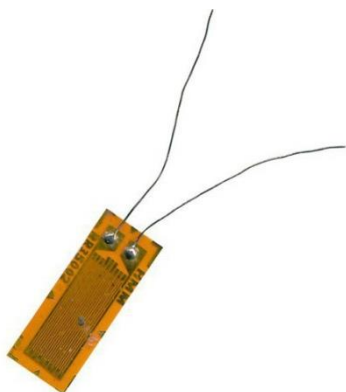
*HP Filtr*



*Převodník R/U*



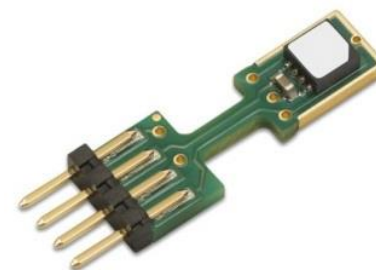
*Trans-impedanční zesilovač*



*Tenzometr*



*Snímač teploty*



*Senzor vlhkosti (SHT85)*

# Elektrická měření – základní pojmy

## Metrologie – věda o měření

### Úkoly metrologie

- Definování mezinárodně uznávaných jednotek měření.
- Realizace jednotek měření pomocí vědeckých metod.
- Vytváření řetězců návaznosti při dokumentování přesnosti měření.

**Metrologie fundamentální resp. vědecká** - organizace a vývoj etalonů na nejvyšší úrovni a jejich uchovávání

**Metrologie legální** - přesnost a správnost měření s ohledem na průhlednost ekonomických transakcí, zdraví a bezpečnost

**Metrologie průmyslová** - zajištění fungování měřidel používaných v průmyslu a ve výrobních a zkušebních procesech

# Elektrická měření – základní pojmy

## Metrologie – věda o měření

**Metrologický systém** - slouží k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření v daném státě.

### Metrologický systém ČR:

**MPO** - Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR

**ÚNMZ** - Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

**ČMI** – Český metrologický institut

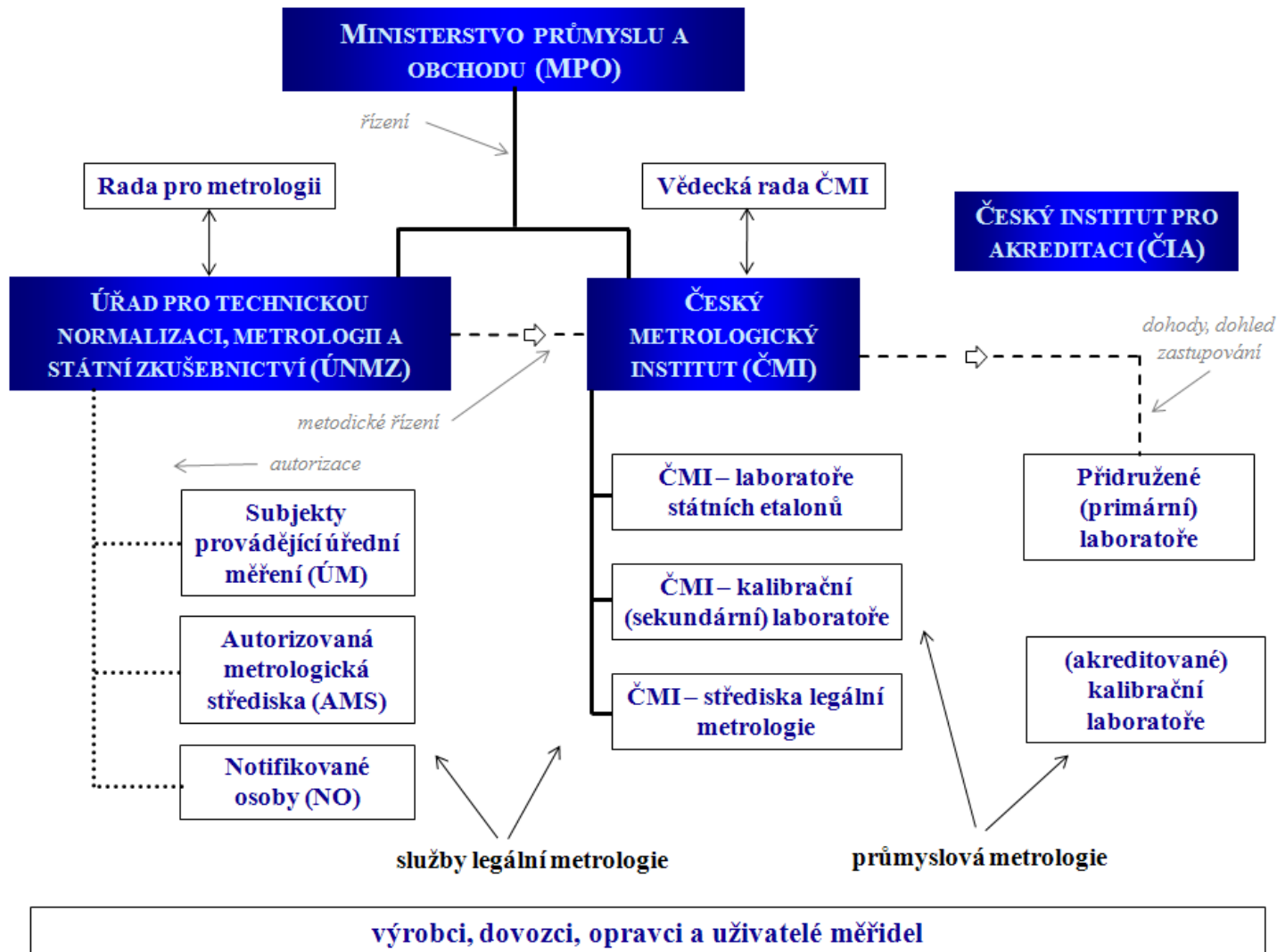
**ČIA** – Český institut pro akreditaci

### Příklady laboratoří přidružených k ČMI:

- Ústav fotoniky a elektroniky AVČR
- Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
- Český hydrometeorologický ústav

# Elektrická měření – Základní pojmy

## Metrologie – věda o měření



Metrologický systém ČR (Převzato z [www.unmz.cz](http://www.unmz.cz))

# Soustavy jednotek

Původně - odvozovány z rozměrů lidského těla (palec, stopa, loket (časově i místně odlišné)).



...byl zde zazděn proto, “aby každý maje k tomu přístup volný, jistotu míru toho lokte pražského vzítí mohl“

*Pražský loket na zdi Novoměstské radnice v Praze, délka 59,14 cm*

*(převzato z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28379816>)*

# Soustavy jednotek

## Soustava SI – vývoj

- 1799 – Francie , etalon kilogramu a metru
- 1875 – Metrická konvence (17 zemí, dnes 60 + 42 přidružených)



*Původní prototyp metru*

(převzato z: <http://en.wikipedia.org>)



*Původní prototyp kilogramu*

(<https://www.observatory.cz/news/nova-definice-kilogramu.html>)

# Soustavy jednotek

## Soustava SI – vývoj

- 1874 – Soustava **CGS** (cm, g, s)  
3 verze: **CGSE**, **CGSM**, **Gaussova** soustava
- 1901 – Soustava **MKS**, později **MKSA** (m, kg, s, A)
- 1960 – Soustava **SI**
- 2019 – Redefinice základních jednotek SI

## CGS - příklady jednotek:

El. proud – **Biot**:  $1 \text{ Bi (CGS)} = 10 \text{ A (SI)}$

Magn. Indukce – **Gauss**  $1 \text{ G (CGS)} = 10^{-4} \text{ T (SI)}$

Magn. Tok – **Maxwell**  $1 \text{ Mx (CGS)} = 10^{-8} \text{ Wb (SI)}$

Energie – **kalorie**  $1 \text{ cal (CGS)} = 4,1868 \text{ J (SI)}$

# Soustavy jednotek

## Nemetrické soustavy

**FPS** – (Foot, Pound, Second)

Dvě verze:

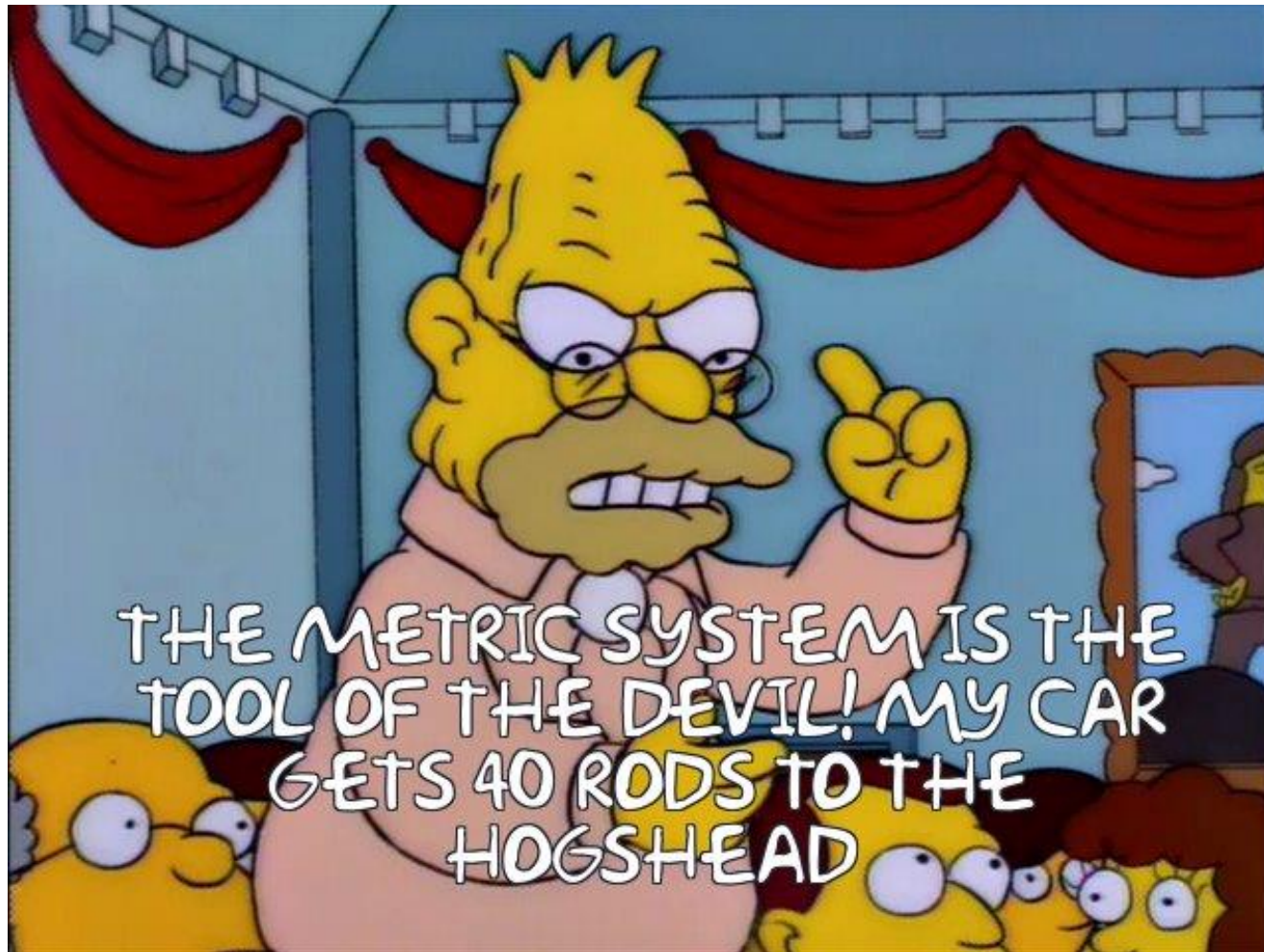
- Imperiální měrný systém (UK)
- US měrný systém

### Nevýhody:

- Komplikované vztahy mezi násobky a díly.  
(1 galon = 8 pint = 16 šáleků = 768 čajových lžiček)
- Komplikované převody mezi FPS a SI.  
(1 galon = 4,54609 litrů. Kolik mililitrů je jedna čajová lžička?)

# Soustavy jednotek

## Nemetrické soustavy



**Rod** (pole, perch) – imp. délková jednotka (1 rod = 5,0292 m)

**Hogshead** – imp. objemová jednotka (1 Hhd = 238,480942 litrů)

# Soustava SI

## Uspořádání

### Skupiny jednotek SI:

- Základní (m, kg, s, A, K, mol, cd)
- Odvozené
- Násobky a díly
- Zvláštní povolené jednotky a díly

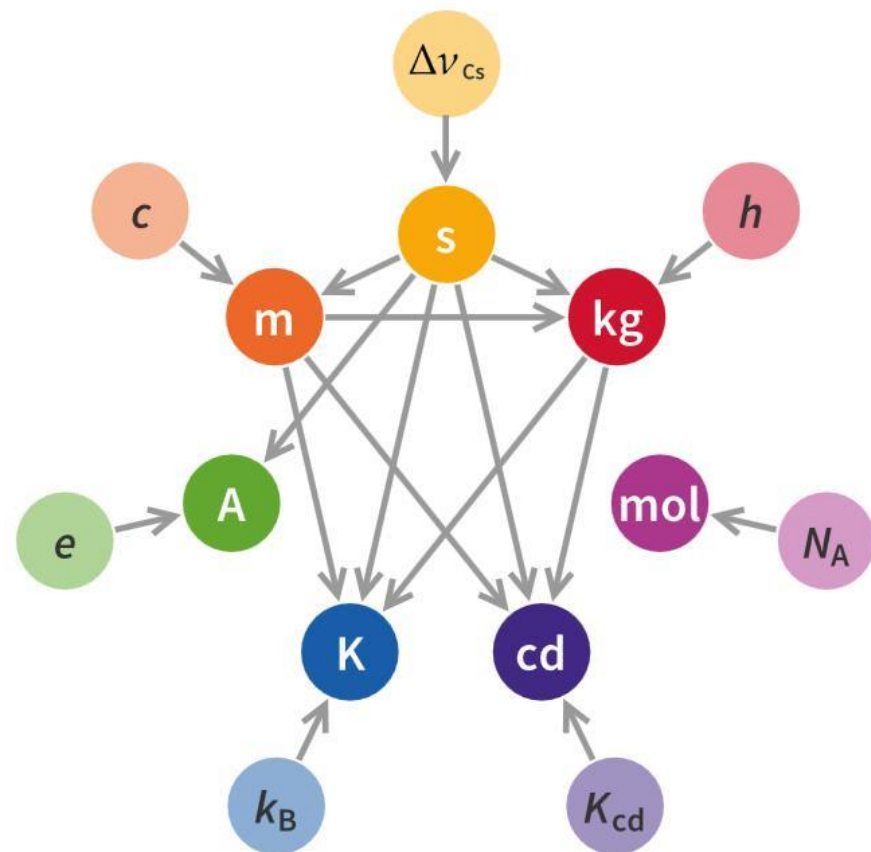
Od 20.5.2019 neplatí původní definice zákl. jednotek SI. Ty jsou definovány “fixací” vybraných definujících konstant.

Hlavní důvod: problematické definice a obtížné realizace některých jednotek (kg, A, K).

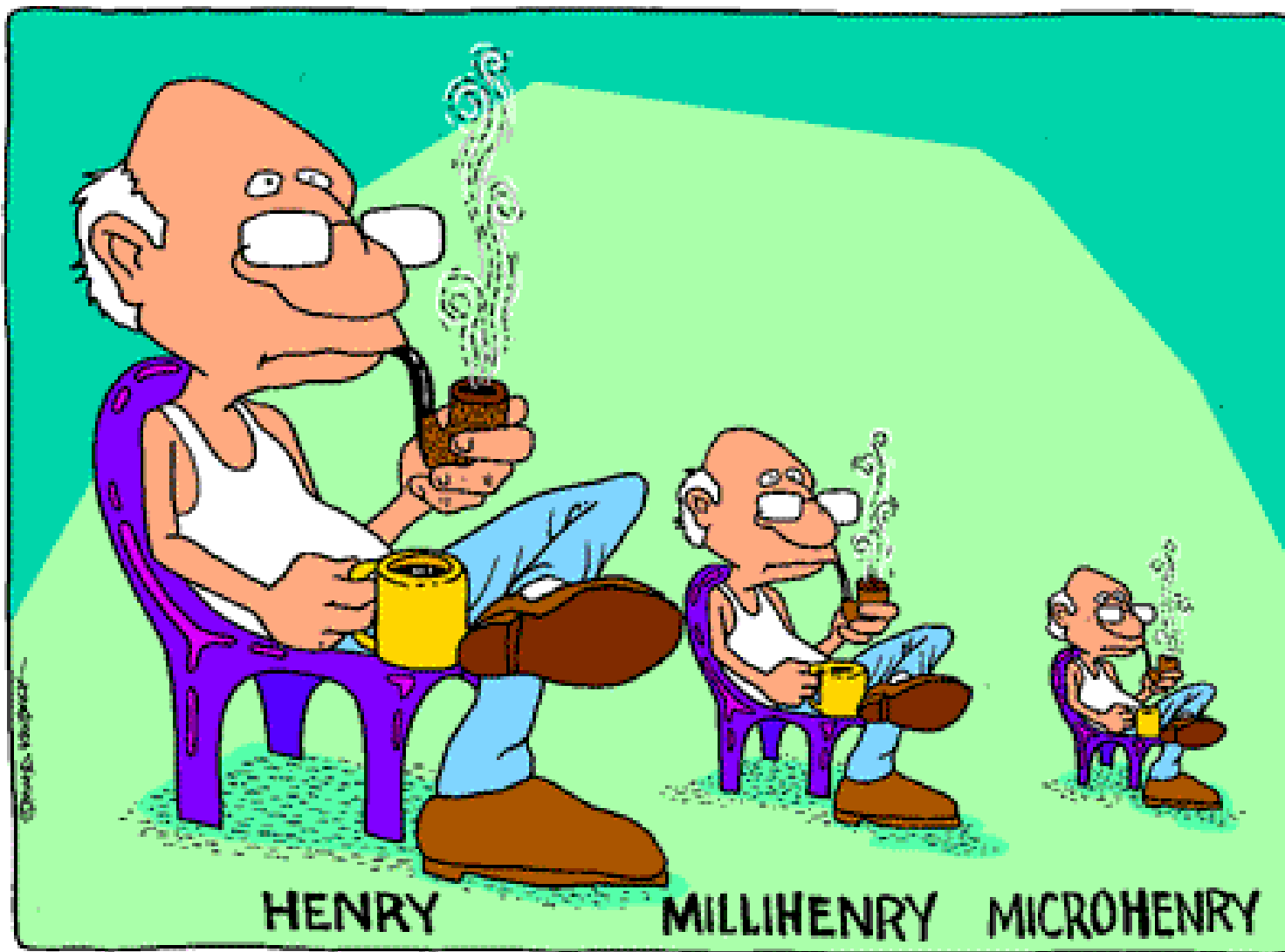
# Soustava SI

## Uspořádání

Jednotka	Definující konstanta
sekunda (s)	$\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$
metr (m)	$c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
kilogram (kg)	$h = 6,626\,070\,15 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
ampér (A)	$e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19} \text{ C}$
Kelvin (K)	$k = 1,380\,649 \times 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
mol (mol)	$N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Kandela (cd)	$K_{\text{cd}} = 683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$



(převzato z: <https://www.electrical4u.com/si-system-of-units/>)



(Převzato z:[http://www.educatorscorner.com/images/cartoon\\_henryb-lg.gif](http://www.educatorscorner.com/images/cartoon_henryb-lg.gif))

# Měřicí metody

## Základní dělení:

- Absolutní
- Porovnávací

## Podle funkce měřidel:

- Výchylkové
- Nulové

## Podle způsobu získání měřené veličiny:

- Přímé
- Nepřímé

# Literatura

- [1] Haasz, V. a kol.: Elektrická měření - přístroje a metody, ČVUT, 2018.
- [2] Web ÚNMZ: <http://www.unmz.cz>
- [3] Hudlička, M.: Redefinice soustavy jednotek SI, 50. Pravidelné setkání zájemců o mikrovlnu techniku, Praha, 2019, ISBN978-80-02-02859-8.
- [4] Horký, M.; Kulhánek, P.: Návrh nové definice soustavy jednotek SI, <https://www.aldebaran.cz>
- [5] Časopis Elektro: Soustavy jednotek a jejich vzájemné převody, <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro>.