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 ze všech měřených úloh

~~3)Zápočtový test (min 60%, max. 3 pokusy)~~

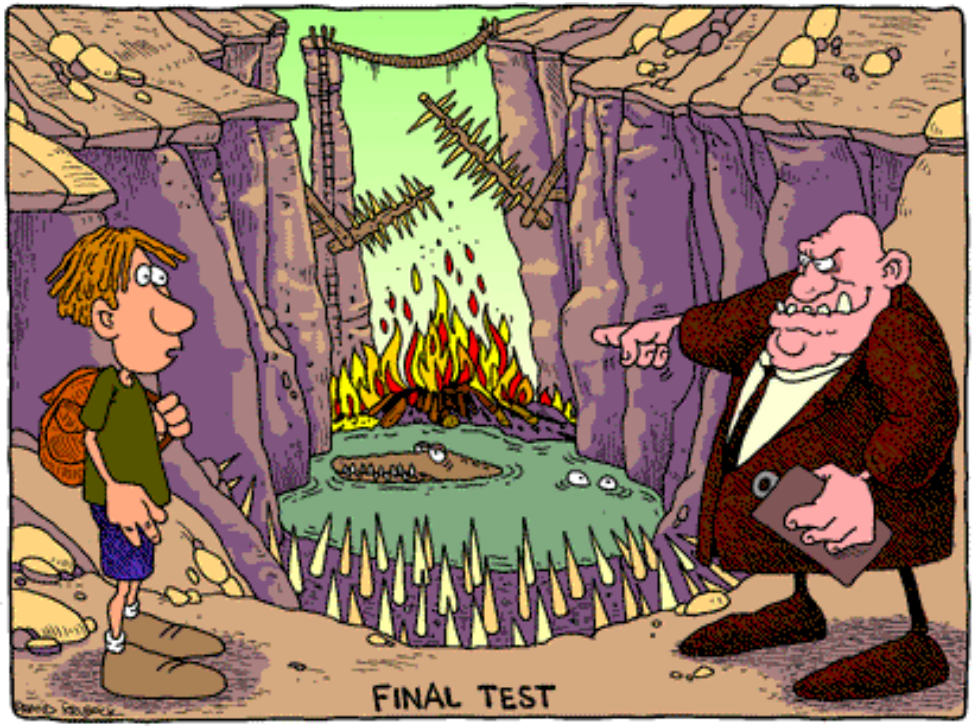
Zkouška:

1)Písemná část

2)Ústní část

Návody ke cvičením:

portal.zcu.cz



(převzato z: http://www.educatorscorner.com/images/cartoon_finaltstb-lg.gif*)*

KET/ELM - Elektrická měření

Obsah přednášek - LS2021

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 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 Wheatsoneův můstek

#7 Měření impedance metodou třech voltmetrů

#8 Měření frekvenčních charakteristik

KET/ELM - Elektrická měření

Obsah cvičení – Program LS2021 (distanční výuka)

Týden	Obsah cvičení
1.	---
2.	---
3.	Konzultace a data k úloze: Zjišťování parametrů měřidla
4.	Konzultace a data k úloze: Měření odporů
5.	Konzultace a data k úloze: Nevyvážený Wheatsoneův můstek
6.	Konzultace a data k úloze: Měření činného výkonu v třífázové síti
7.	Konzultace a data k úloze: Vliv kmitočtu a neharmonických průběhů na údaj měřicího
8.	Konzultace a data k úloze: Měření vzájemné indukčnosti a činitele vazby
9.	Konzultace a data k úloze: Měření impedance metodou třech voltmetrů
10.	Konzultace a data k úloze: Měření frekvenčních charakteristik
11.	Rezerva
12.	Rezerva
13.	Rezerva

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)

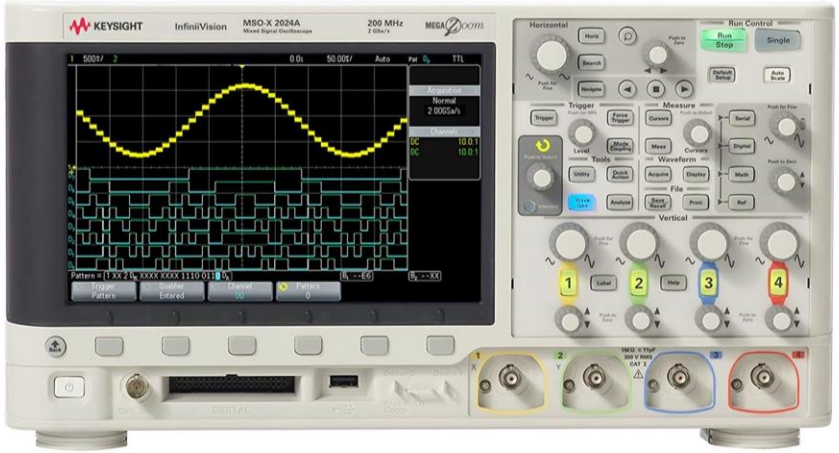
Etalon kapacity (IET)

Elektrická měření – základní pojmy

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

Ručkový voltmetr (Metra)

Digitální multimetr (Agilent 34401A)



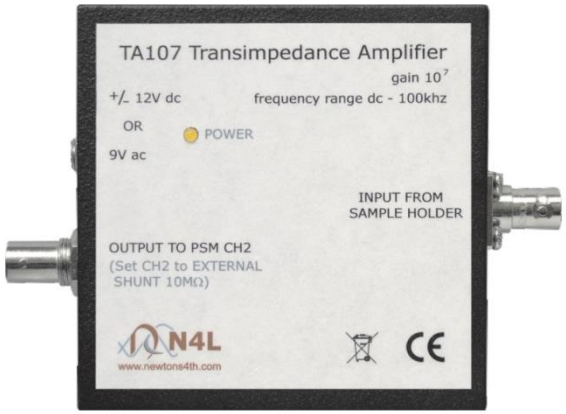
Osciloskop MSOX2024A (Keysight)

Elektrická měření – základní pojmy

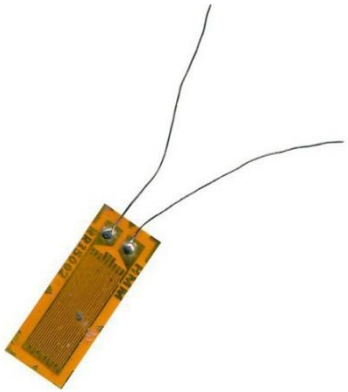
Převodník – měř. prostředek, který transformuje vstupní elektrickou popř. neelektrickou veličinu na elektrickou výstupní veličinu.

HP Filtr

Převodník R/U

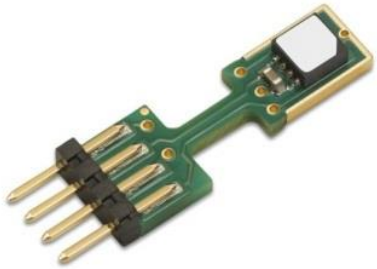


Trans-impedanční zesilovač



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

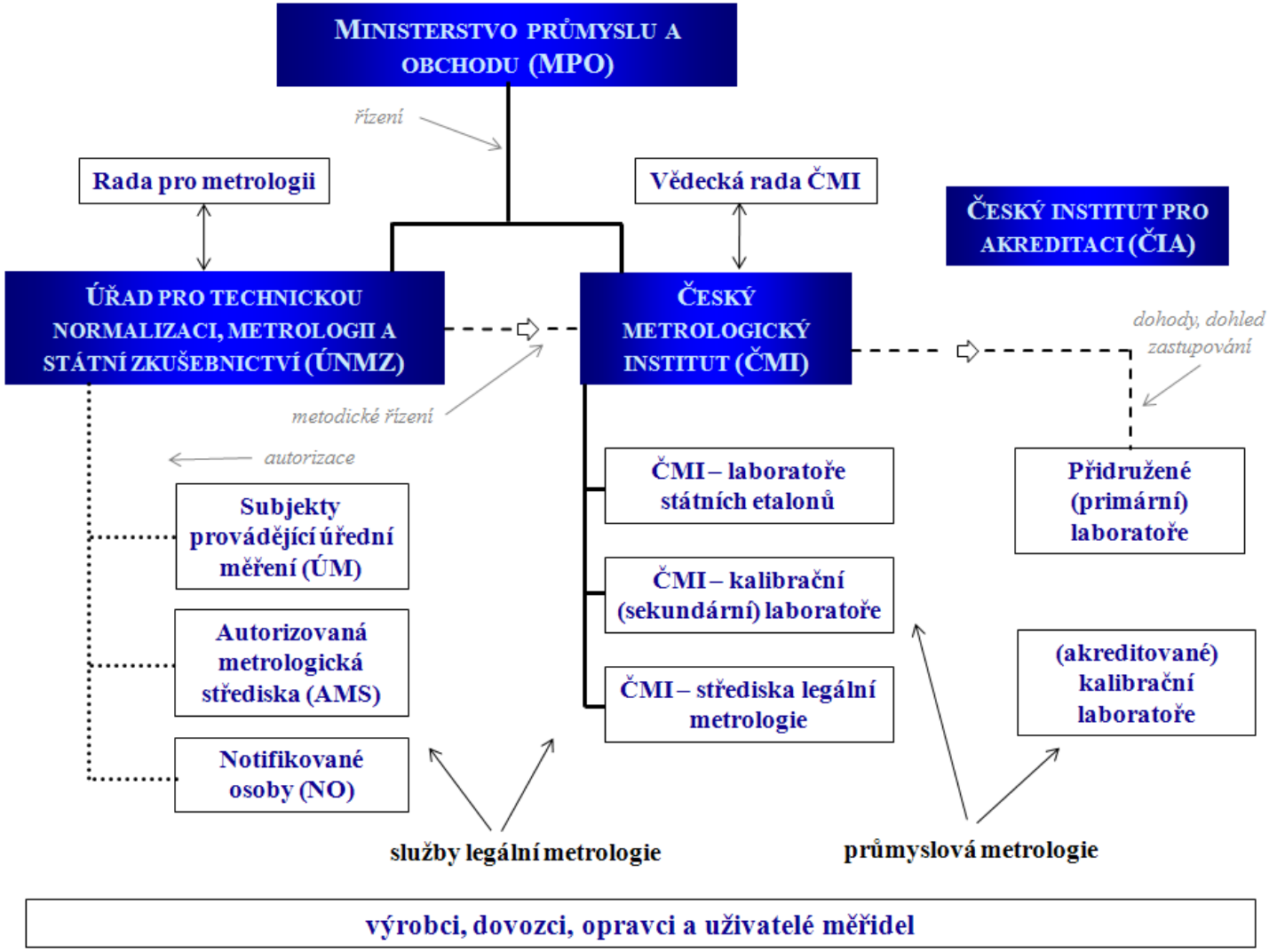
ČIA – Český institut pro akreditaci

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)

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, jistou míru toho lokte pražského vzíti 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 Bi (CGS) = 10 A (SI)

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

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

Energie – **kalorie** 1 cal (CGS) = 4,1868 J (SI)

Soustavy jednotek

Nemetrické soustavy

FPS – (**F**oot, **P**aund, **S**econd)

Dvě verze:

- Imperiální měrný systém (UK)
- US měrný systém

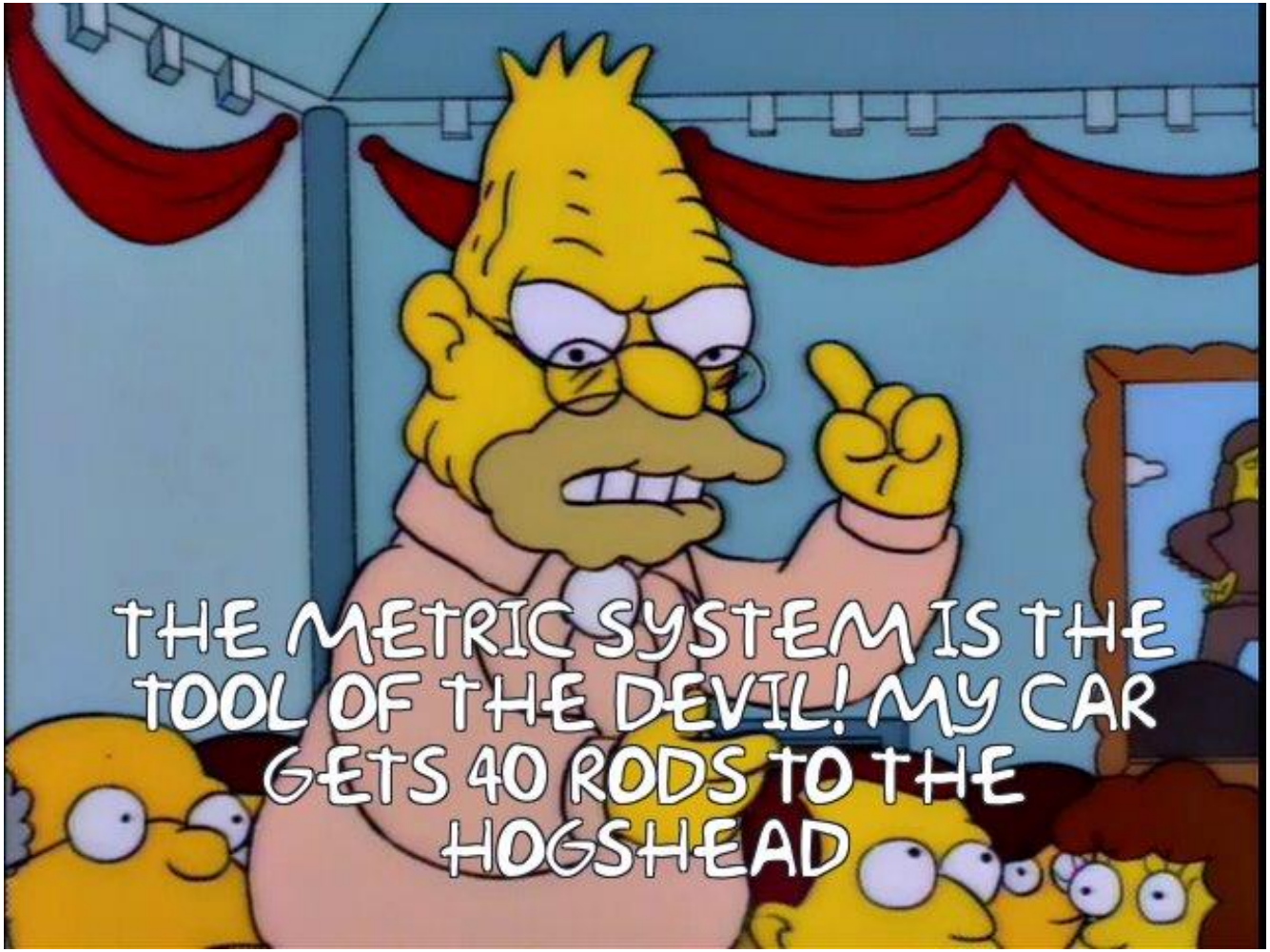
Nevýhody:

- Komplikované vztahy mezi násobky a díly.
  (1 galon = 8 pint = 16 šálků = 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

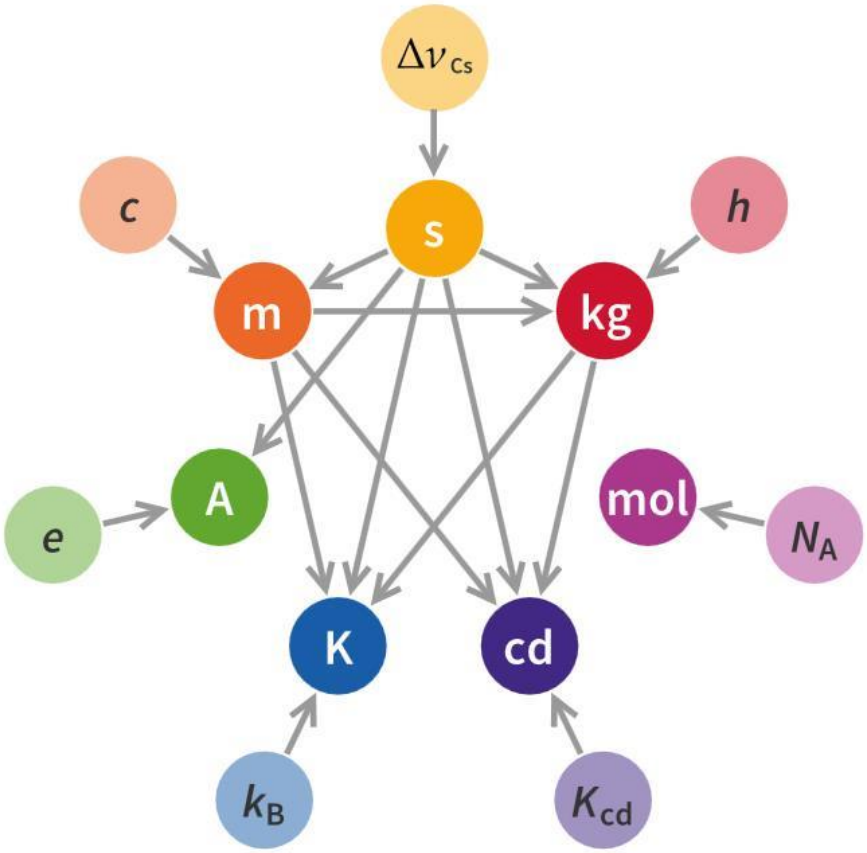
Od 20.5.2019 neplatí původní definice zákl. jednotek SI. Ty jsou definovány “fixací“ vybraných definujících konstant.

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

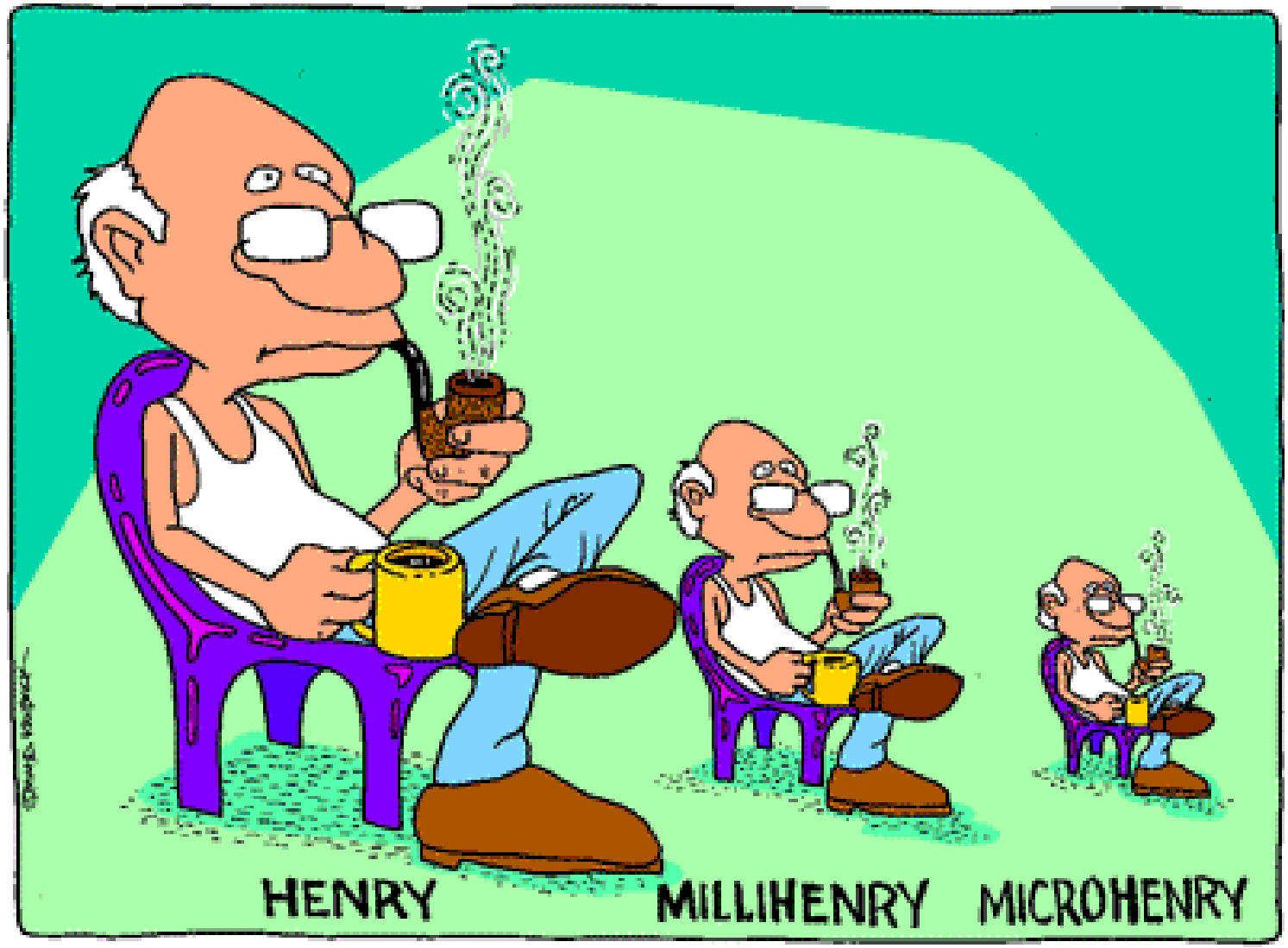
Soustava SI

Uspořádání

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



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



(Převzato z: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.