

Úvod do praktické fyziky NOFY055

Petr Hruška – Katedra fyziky nízkých teplot

místnost L164 (Troja)

petr.hruska@matfyz.cuni.cz

<https://physics.mff.cuni.cz/kfnt/vyuka/upf/hruska/>

Doporučená literatura:

- J. Englich, „Úvod do praktické fyziky I“, (Matfyzpress, Praha 2006).
- W.T. Eadie *et al.*, “Statistical Methods in Experimental Physics”, (North Holland, Amsterdam, 1971).
- G. Cowan, “Statistical Data Analysis”, (Oxford Science Publications, Oxford 1998).
- R.J. Barlow, “Statistics. A Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences”, (John Wiley & Sons, Chichester 1989).

Úvod do praktické fyziky NOFY055

podmínky pro získání zápočtu:

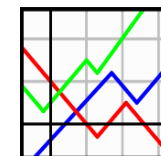
- úspěšné absolvování 2 testů během semestru (termín bude oznámen)
- každý test 0 – 15 bodů → celkem je nutné získat alespoň 16 bodů
- velmi doporučuji po každém semináři vypracovat seminární úlohy

Struktura seminářů

přednáška + praktické cvičení

používané programy viz: <https://physics.mff.cuni.cz/kfnt/vyuka/upf/>

- **Excel** (příklady dělané ve verzi s českou lokalizací)
 - pro všechny studenty MFF zdarma služba **Office 365**
- **Python(x,y)**
 - bezplatná distribuce **Anaconda**
 - prostředí **Spyder**
- **Origin**
 - pro všechny studenty zdarma plovoucí licence
- **Matlab**
 - pro všechny studenty MFF zdarma celofakultní licence
 - nutno mít zřízený účet Office 365
- **Gnuplot**
 - k dispozici zdarma



Chyby měření

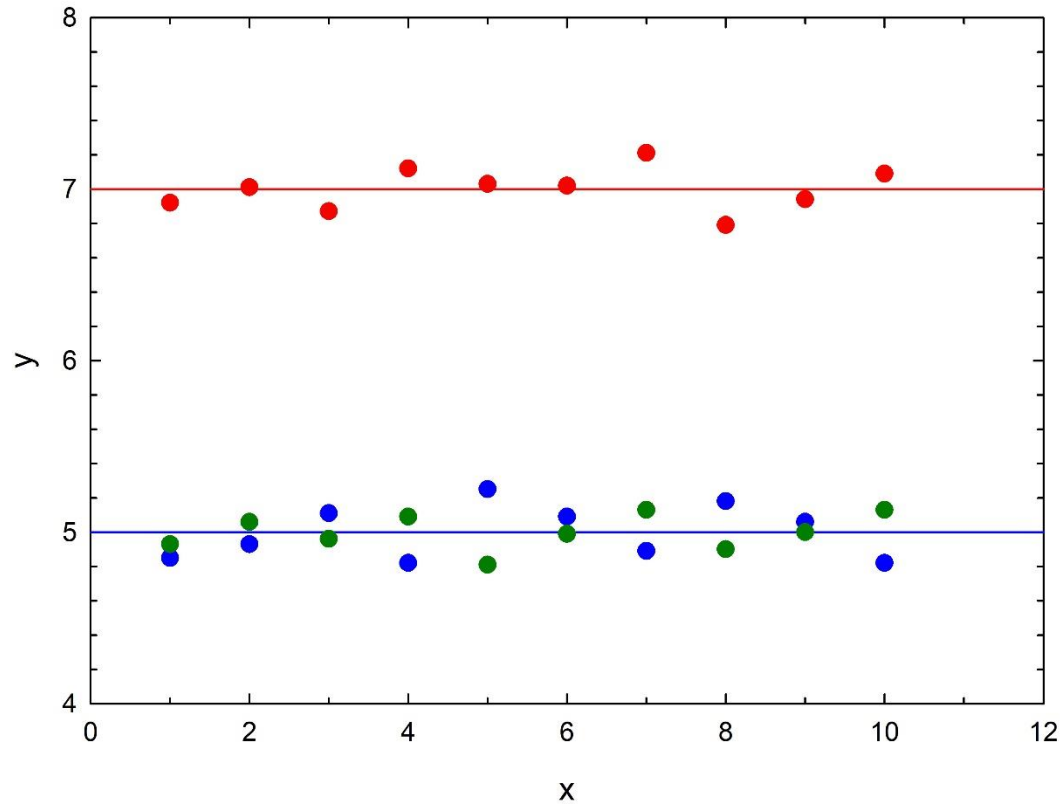
Výsledky měření nebo pozorování jsou vždy zatíženy chybou:

- **statistické** jsou důsledkem náhodných fluktuací, které se popisují metodami matematické statistiky
- **systematické** vznikají v důsledku chybných kalibrací, interpretací apod., zatěžují stejným způsobem výsledek každého nezávisle opakovaného měření
- **hrubé** vznikají hrubým zásahem do procesu měření, jejich velikost významně převyšuje rozptyl chyby statistické



Chyby měření

10 měření veličiny y



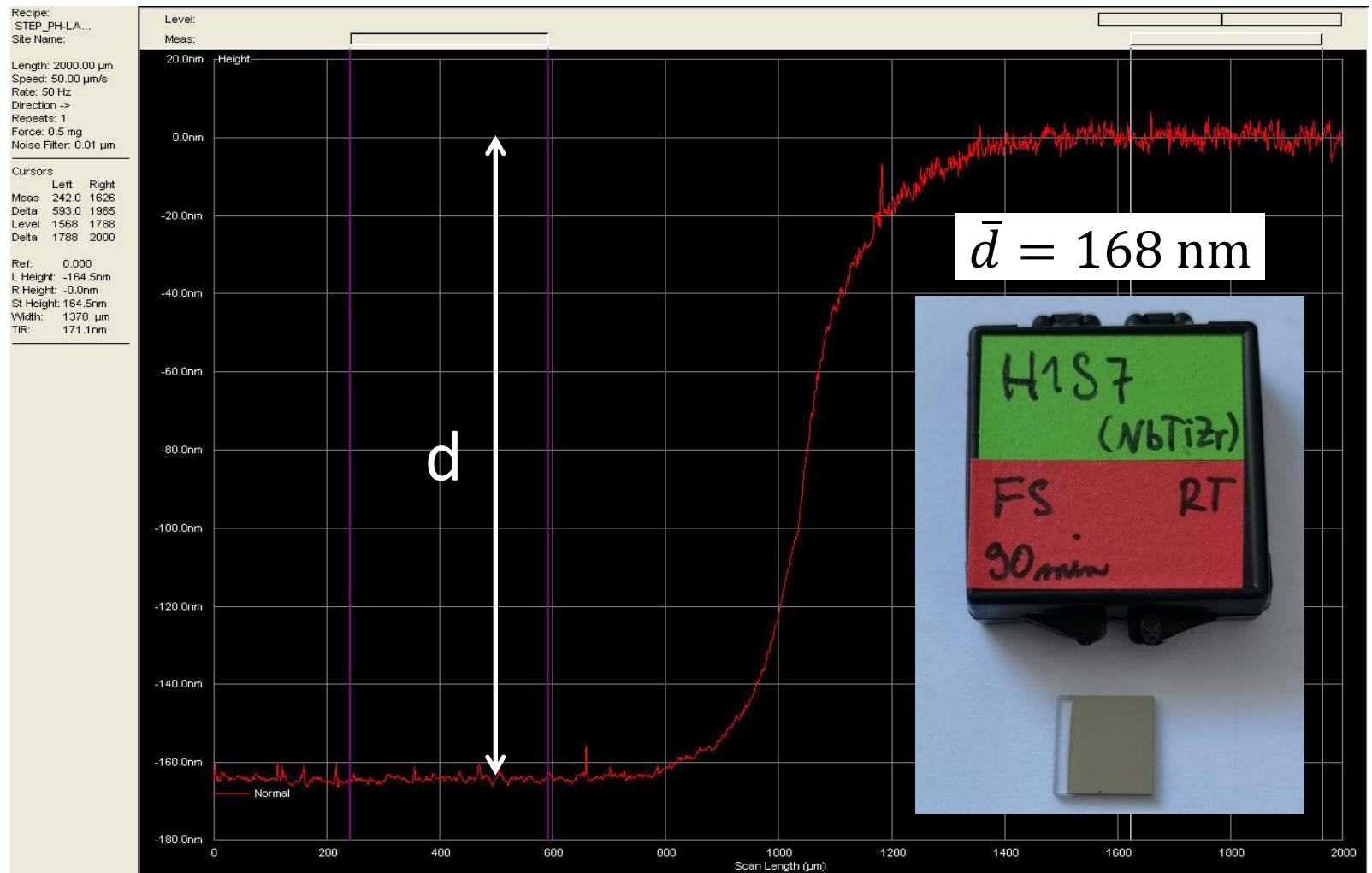
systematická chyba

statistická chyba

Příklad: Měření tloušťky tenké vrstvy

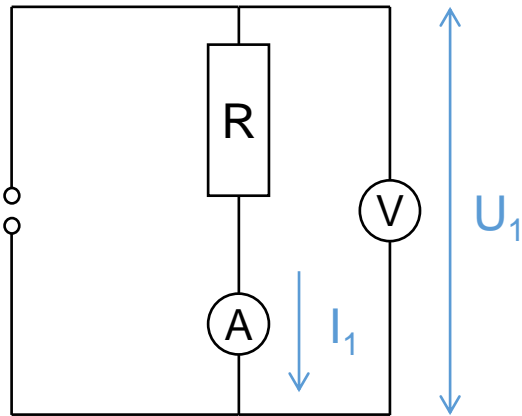
10 měření tloušťky d pomocí kontaktního profilometru

n	d (nm)
1	178
2	176
3	171
4	164
5	171
6	164
7	159
8	163
9	160
10	170



Příklad: Měření odporu přímou metodou

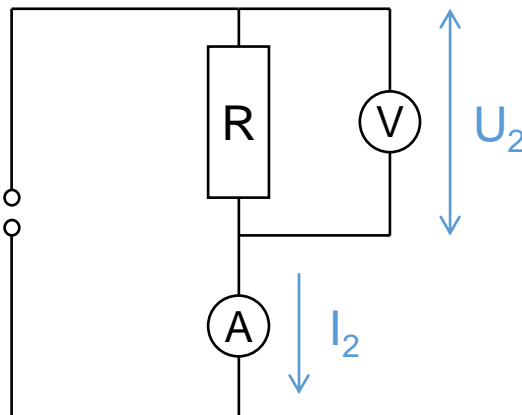
1. zapojení → R_1



$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_R + U_A}{I_1} = R + R_A$$

$$R_1 > R$$

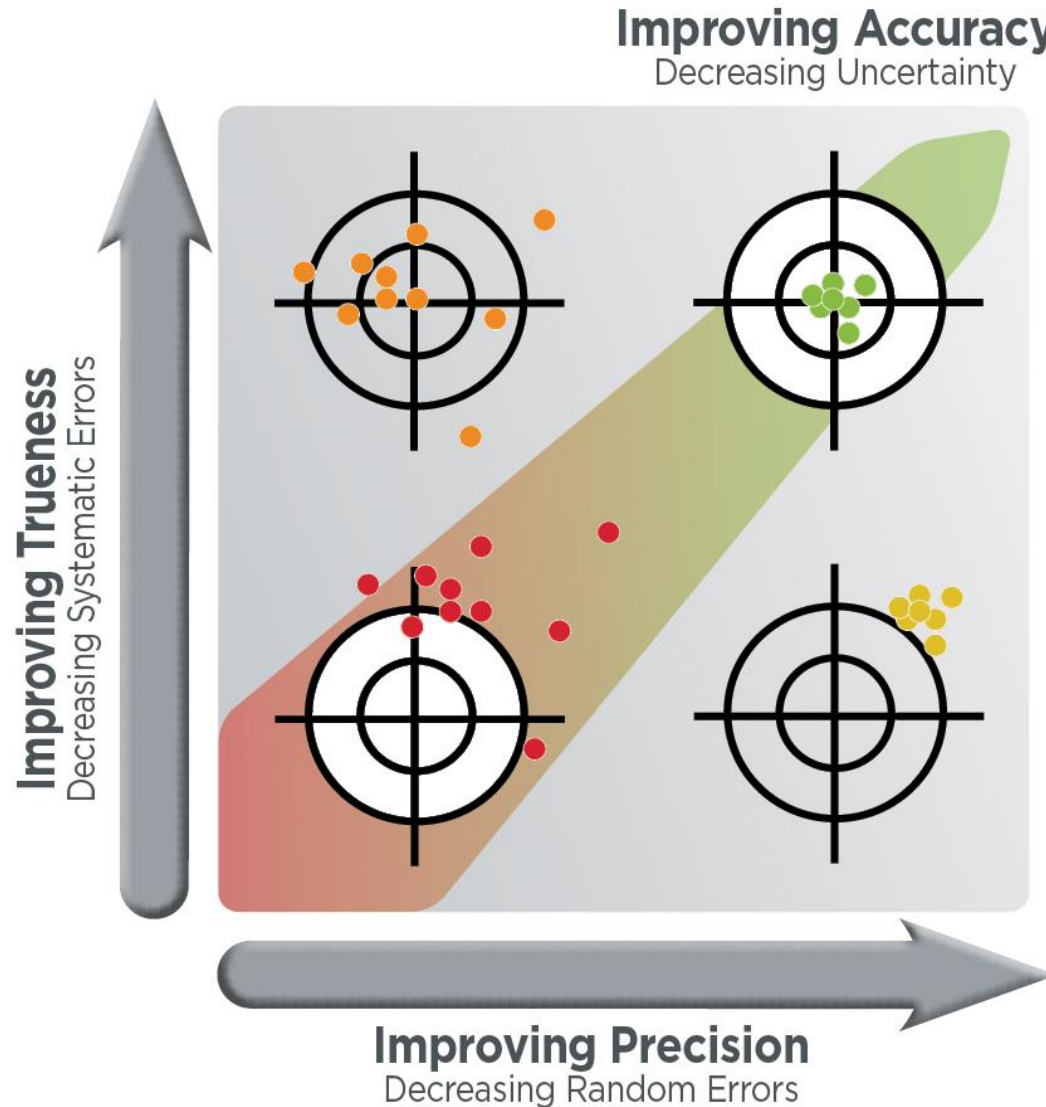
2. zapojení → R_2



$$R_1 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{I_R + I_V} \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$

$$R_2 < R$$

Náhodná a systematická chyba



Nejistota (uncertainty) výsledku měření

CIMP (Mezinárodní výbor pro míry a váhy) Comité International des Poids et Mesures

ISO (Mezinárodní Organizace pro Normalizaci) – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements (2008)

- statistické (typu A) nejčastěji zpracování složek nejistoty, které mají svůj původ v náhodných jevech σ_A
- ostatní (typu B) zpracování ostatních složek nejistoty (odhad) σ_B

-
- odhad skutečné hodnoty měřené veličiny $\hat{\mu}$

- odhad chyby – kombinovaná standardní nejistota $\sigma_C^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2$

- výsledek měření

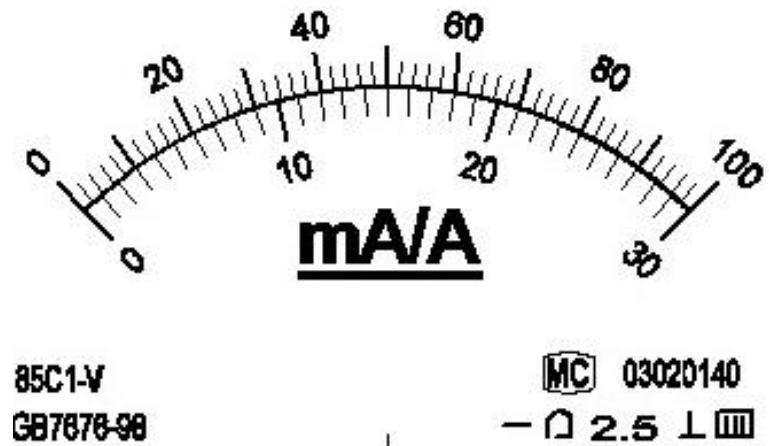
$$x = (\hat{\mu}_x \pm \sigma_{C,x}) [x]$$

označení jednotky

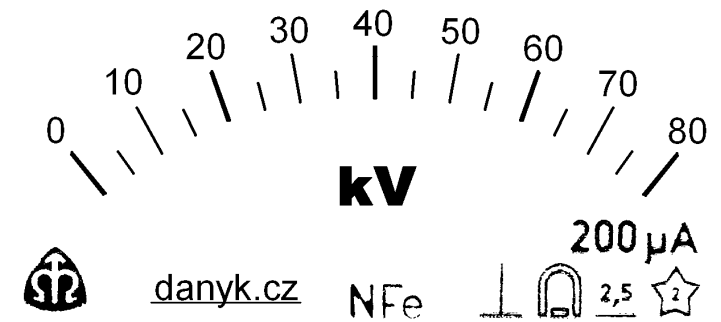
absolutní chyba (nejistota)

- relativní chyba $\eta_x = \frac{\sigma_{C,x}}{\hat{\mu}_x} \times 100\%$

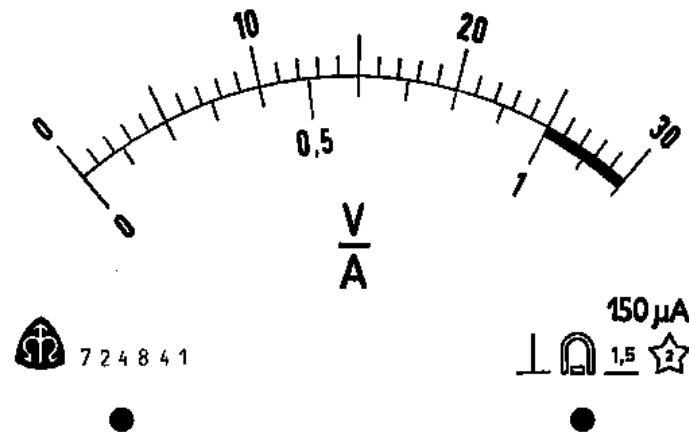
Chyba typu A vs typu B



$$\sigma_A \gg \sigma_B \Rightarrow \sigma_C \approx \sigma_A$$



$$\sigma_B \gg \sigma_A \Rightarrow \sigma_C \approx \sigma_B$$



$$\sigma_A \cong \sigma_B \Rightarrow \sigma_C = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}$$

Zápis výsledku měření

- nejistotu (chybu) uvádíme **nejvýše** na 2 platné číslice
- výsledek zaokrouhlíme v řádu poslední platné číslice neurčitosti (chyby)
- **platné číslice** – všechny číslice s výjimkou nul **před** první nenulovou číslicí

0.00152	→ 3 platné číslice
0.010040	→ 5 platných číslic
10.10000300	→ 10 platných číslic

- zápis výsledku měření

$$\begin{array}{ll} v = (1.63 \pm 0.02) \text{ m s}^{-1} & I = (0.10 \pm 0.01) \times 10^{-3} \text{ A} \\ p = (5.105 \pm 0.012) \text{ GPa} & t = 0.405(3) \text{ s} \end{array}$$

Poznámka: Pokud se chyba měření ve výsledku neudává, předpokládá se implicitně, že je menší, než polovina řádu za poslední platnou číslicí výsledku:

$$v = 1.5 \text{ m s}^{-1} \quad \Rightarrow \quad 1.45 \text{ m s}^{-1} < v < 1.55 \text{ m s}^{-1}$$

Příklad: Zápis výsledku měření

$$I = (0.10 \pm 0.01) \times 10^{-3} \text{ A} = (100 \pm 10) \text{ mA}$$

2 platné číslice
1 platná číslice

3 platné číslice
2 platné číslice

Poznámky:

- Abychom předešli nejednoznačnosti, měli bychom výsledky měření zapisovat ve tvaru $x.xxxx$, kde x jsou číslice.
- Odhad naměřené hodnoty a celkovou chybu uvádíme na **stejný počet desetinných míst**.
- Mezi hodnotou a jednotkou píšeme vždy mezeru, jednotky nepíšeme kurzívou.
- Lze psát desetinnou čárku (CZ, SK) i desetinnou tečku (EN).