

Úvod do praktické fyziky

NOFY055

Vojtěch Chlan

katedra fyziky nízkých teplot

Tel: 221 912 887

vojtech.chlan@mff.cuni.cz

<http://nmr.mff.cuni.cz/chlan>

Získání zápočtu:

Úspěšné absolvování dvou testů během semestru.

(úspěch = aspoň 16 bodů, každý test 0-15 bodů)

Úlohy v testech budou podobné (nepovinným) domácím úlohám.

Doporučená literatura:

- J. English, „Úvod do praktické fyziky I“ (Matfyzpress, Praha 2006).

Úvod do praktické fyziky

NOFY055

Podrobný sylabus je na webu (SIS)

Chyby měření

- klasifikace chyb, zdroje chyb, nejistota měření
- zápis výsledku měření, jednotky
- určování chyby měřícího přístroje

Základní pojmy matematické statistiky

- pravděpodobnost, rozdělení pravděpodobnosti
- střední hodnota, momenty náhodné veličiny
- rozdělení pravděpodobnosti více náhodných veličin, korelace
- centrální limitní věta

Princip maximální pravděpodobnosti

- odhad parametrů rozdělení, střední hodnoty, standardní odchylky
- (ne)vychýlený odhad, přenos chyby, uvážení chyby měřícího přístroje

Zpracování experimentálních dat

- zpracování přímého a nepřímého měření
- metoda nejmenších čtverců, lineární regrese, zpracování grafů

Forma výuky

- Přednáška** – probrání a vysvětlení teorie
- Praktické cvičení** – navazující část s počítačem k praktickému procvičení

budeme používat programy:

- Excel**, – tabulkový procesor; zpracování dat
(**LibreOffice**, **OpenOffice**, ...) a tvorba grafů
- Python(x,y)** – distribuce jazyka Python pro vědecké výpočty
- Origin** – program pro analýzu dat a tvorbu grafů
- Matlab, Mathematica** – programovací prostředí pro výpočty a tvorbu grafů
- Gnuplot** – tvorba grafů

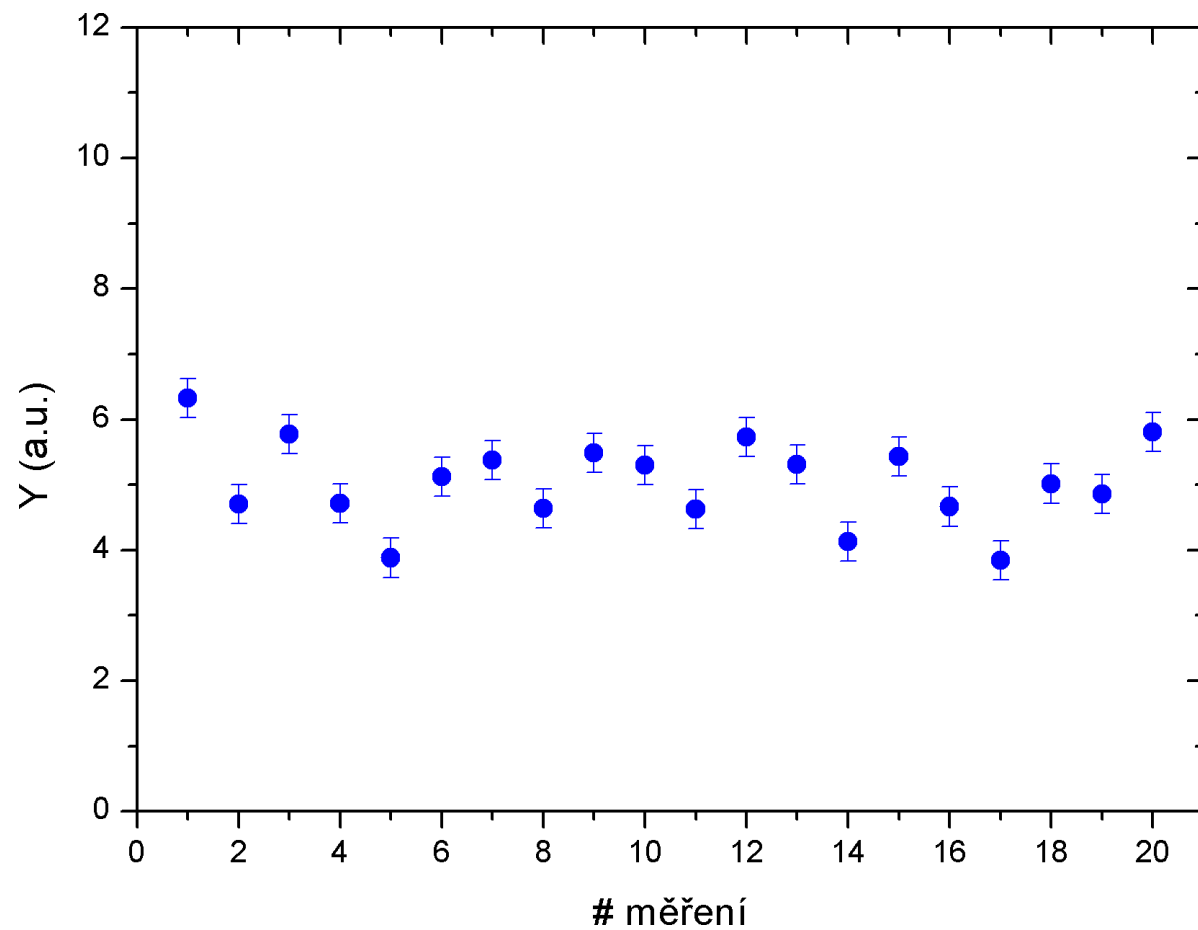
... a mnohé další zdroje (aplikace MFF i CUNI, zdroje CESNETu, MetaCentrum)

zelená = bezplatné

červená = za peníze, ale studenti MFF mají k dispozici celofakultní licenci zdarma

Chyby měření

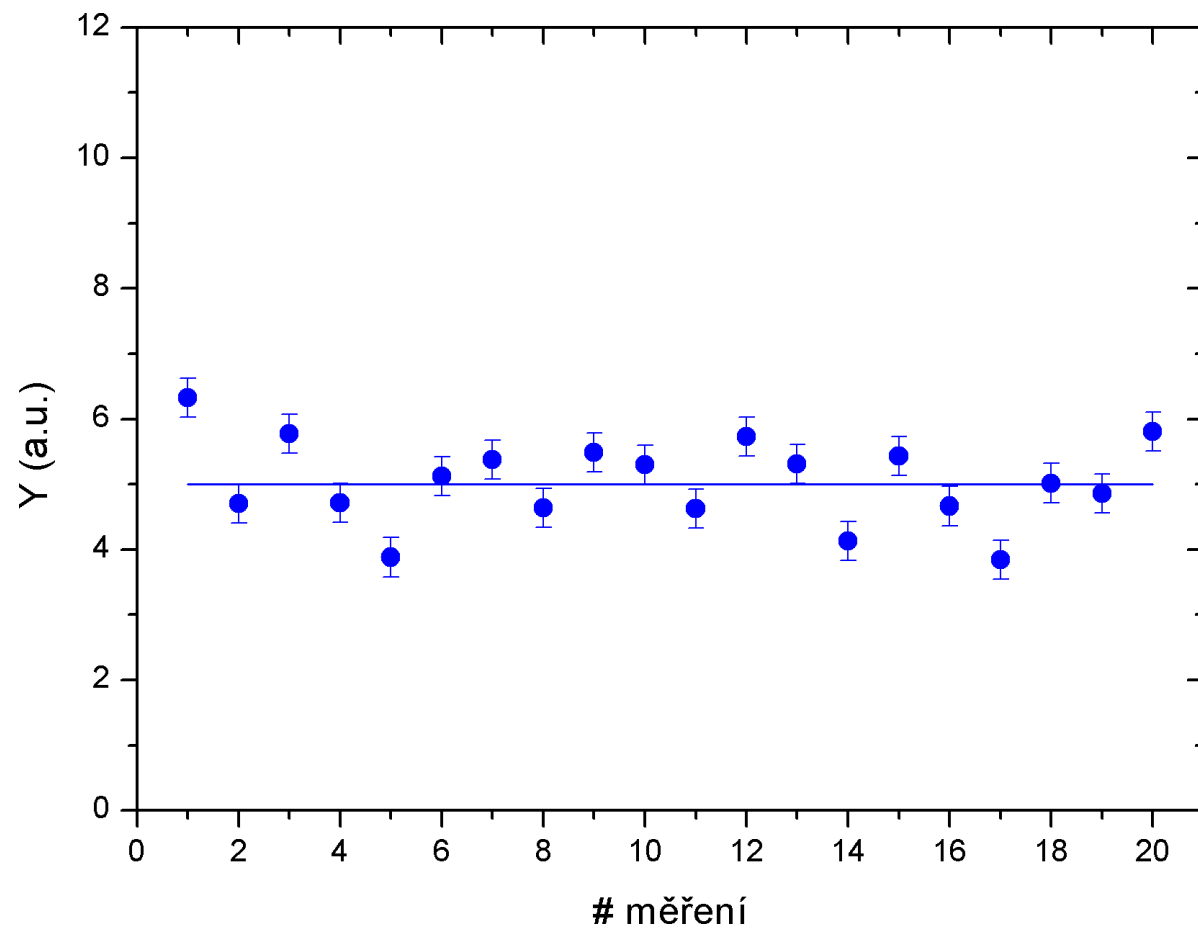
20 měření veličiny Y



**náhodná chyba
(statistická)**

Chyby měření

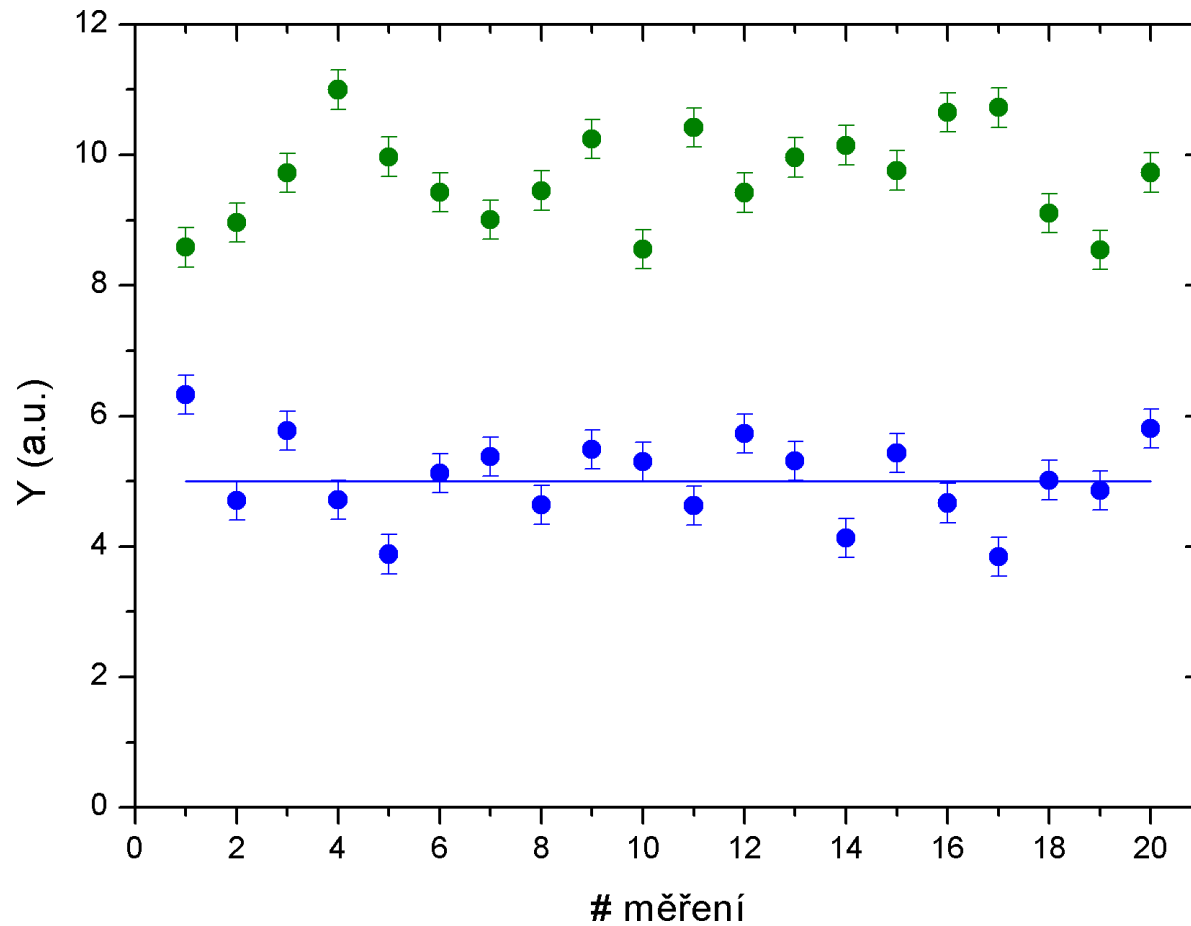
20 měření veličiny Y



**náhodná chyba
(statistická)**

Chyby měření

20 měření veličiny Y

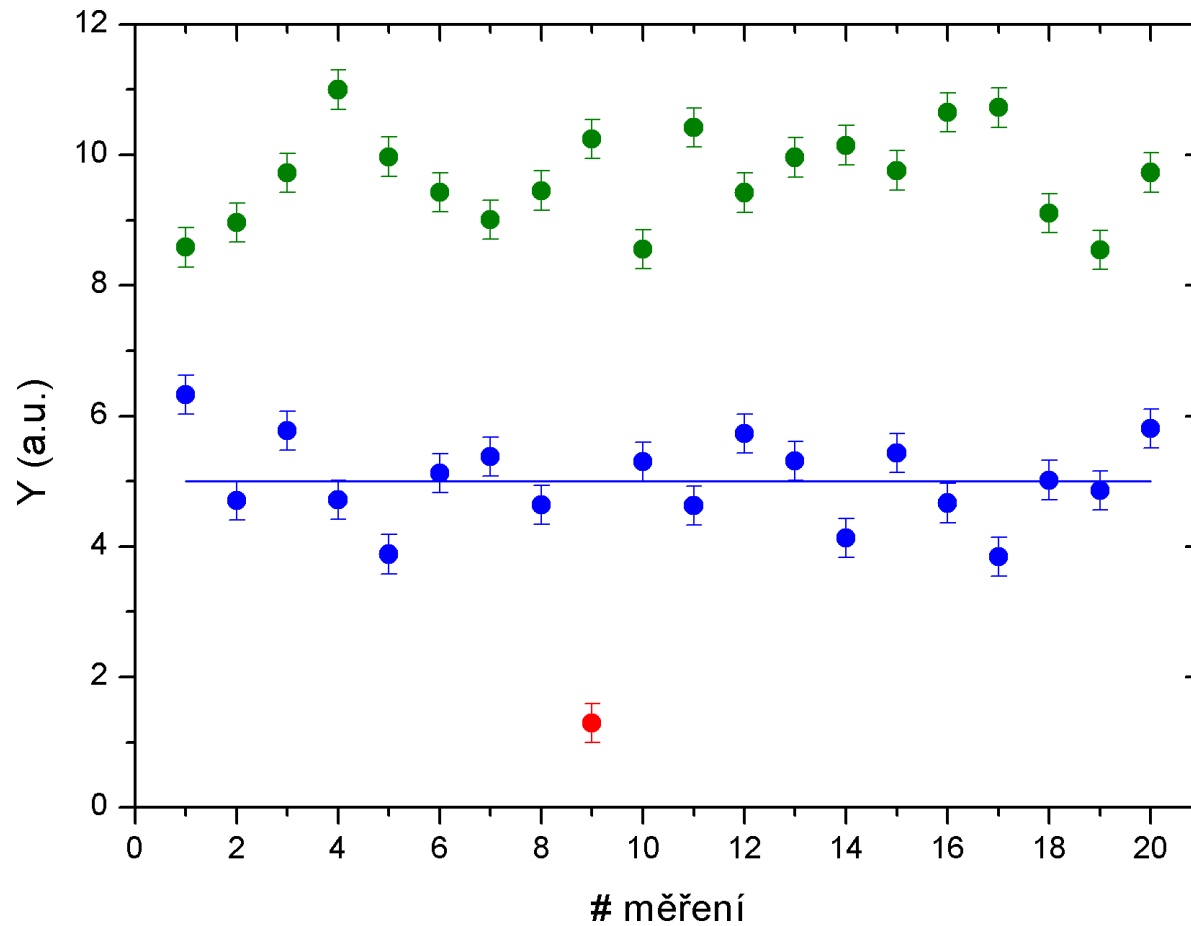


**systematická
chyba**

**náhodná chyba
(statistická)**

Chyby měření

20 měření veličiny Y



**systematická
chyba**

**náhodná chyba
(statistická)**

hrubá chyba

Chyby měření

Výsledky měření nebo pozorování jsou vždy zatíženy chybou.

Druhy chyb:

- **systematická** chyba
 - metoda, přístroj (např. chybná kalibrace) ...
 - při opakování se projevuje stejným způsobem
- **náhodná** chyba
 - důsledek náhodných fluktuací
 - metody matematické statistiky
- **hrubá** chyba

Nejistota měření

Chyba měření = odchylka naměřené hodnoty od správné hodnoty

Co je to „správná“ hodnota?

Po korekci systematických chyb → **Nejistota měření**

Metody odhadu nejistoty měření:

- **statistické (typ A)**

- mají původ v náhodných jevech

u_A

- **ostatní (typ B)**

- zpracování ostatních složek nejistoty (odhad)

u_B

Nejistota měření

Jak sloučit nejistoty u_A a u_B :

→ **kombinovaná standardní nejistota:** $u_C^2 = u_A^2 + u_B^2$

Nejistotu lze vyjádřit:

- v jednotkách (měřené) veličiny → **absolutní** standardní nejistota
- v poměru k hodnotě veličiny → **relativní** standardní nejistota

$$\eta_x = \frac{u_{C,x}}{\tilde{\mu}_x} \times 100\%$$

→ **maximální nejistota:** $u_C = u_A + u_B$

- pro plánování experimentu, ne pro zpracování výsledků

Fyzikální jednotky

Základní jednotky SI

Fyzikální veličina	Jednotka	Značka
Délka	metr	m
Hmotnost	kilogram	kg
Čas	sekunda	s
Termodynamická teplota	kelvin	K
Látkové množství	mol	mol
Elektrický proud	ampér	A
Svítivost	kandela	cd

CGS, MKS, ...

atomové jednotky, ...

Fyzikální jednotky

latinské předpony

Předpona	Značka	Násobek
<i>exa</i>	E	10^{18}
<i>peta</i>	P	10^{15}
<i>tera</i>	T	10^{12}
<i>giga</i>	G	10^9
<i>mega</i>	M	10^6
<i>kilo</i>	k	10^3
<i>mili</i>	m	10^{-3}
<i>mikro</i>	μ	10^{-6}
<i>nano</i>	n	10^{-9}
<i>piko</i>	p	10^{-12}
<i>femto</i>	f	10^{-15}
<i>atto</i>	a	10^{-18}

Zápis výsledku měření

- **nejistotu** (chybu) uvádíme s přesností na **jednu platnou číslici**

(výjimečně na **dvě** platné číslice - zaokrouhlovací chyba)

- výsledek **zaokrouhlíme** v řádu poslední platné číslice neurčitosti
- platné číslice = všechny číslice s výjimkou nul *před* první nenulovou číslicí

příklady: 0.000055 → 2 platné číslice
 0.050050 → 5 platných číslic
 50.50500500 → 10 platných číslic

- zápis výsledku měření

příklady: $h = 1.05(1) \text{ m}$
 $I = 0.10(2) \cdot 10^{-3} \text{ A}$
 $t = 4.05(3) \text{ s}$
 $p = (10.05 \pm 0.12) \text{ GPa}$

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

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