

Úvod do laboratorních cvičení z Fyziky

Laboratorní řád (webové stránky)

Organizace cvičení (webové stránky)

Bezpečnost práce v laboratoři – podpis !!

Podmínky zápočtu (do 12.02.2021)

povinná laboratorní měření

odevzdání všech referátů z měření dle harmonogramu

hodnocení A – E

Rozdělení do laboratorních cvičení

harmonogram na webu

doplnění cvičení

První laboratorní cvičení – dle epidem. situace

dnes – teorie nejistot měření

první měření – měření délek a časů (podklady na webu)

Harmonogram úloh – na webu

Vstupní testy do lab. cvičení - elektronicky

9 otázek (6 + 3)

4 možnosti (pouze 1 správná)

požadavek 6/9

Požadavky na referáty z měření

Správně vypracovaný referát obsahuje:

-
- hlavička
 - název úlohy + dílčí úkoly
 - teoretický úvod
 - definice měřených veličin včetně jednotek
 - stručný popis postupu měření + odvození výpočtu
 - schéma zapojení el. obvodů (pokud je třeba)
 - návrh výpočtu nejistot
-

Příprava k měření

-
- jasný obecný postup výpočtu výsledků
 - dosazení číselných hodnot a výpočet výsledku včetně jednotek (včetně výpočtu nejistot)
 - přílohy z měření – regresní data (pokud jsou třeba)
 - list podepsaných hodnot z měření

Zpracování

Teorie nejistot

měření - stanovení míry spolehlivosti metody

skutečná (přesná) hodnota – obtížné stanovit měřením

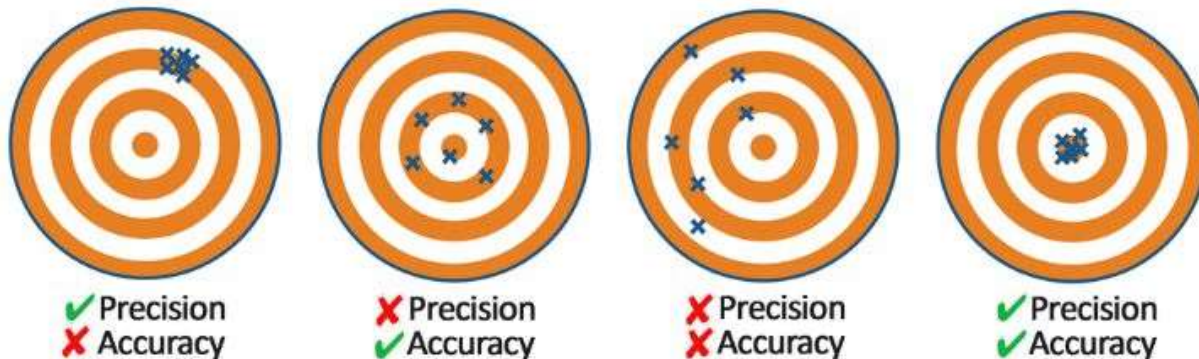
definice intervalu, ve kterém leží skutečná hodnota

výsledek měření = (nejlepší odhad $\pm$ nejistota) {jednotka}

správnost = výsledek měření blízko přesné hodnoty

přesnost = malý rozptyl výsledků opakovaných měření

skutečná hodnota může být mimo interval !!



Chyba vs. Nejistota

chyby měření = rozdíl mezi naměřenou hodnotou a skutečnou hodnotou

nejistoty měření = vyhodnocení míry pochybnosti o výsledku měření

Stanovení chyby měření

Absolutní chyba K_x veličiny X

stejná jednotka jako veličina

Relativní chyba veličiny X

podíl absolutní chyby a hodnoty dané veličiny

$$K_{rx} = \frac{K_x}{x}$$

“ r ” jako “relativní”

relativní hodnota (bez jednotky)

Druhy chyb měření

Náhodné chyby = statistické odchylky výsledků

limit přesnosti měřicích pomůcek (přístrojů)

lze omezit opakovaným měřením

Systematické chyby = opakovatelné nepřesnosti (metoda)

obtížné odhalit, nemožné vyloučit statistikou

někdy lze omezit recalibrací pomůcek (přístrojů)

Chyby měření základních veličin – jednorázová měření

Rozměry: standardní chyba $m_x (= \kappa_x)$

Pásové měřítko: $m_x = 1 \text{ mm}$

Posuvka: $m_x = 0.1 \text{ mm}$

Mikrometr: $m_x = 0.01 \text{ mm}$



Čas: standardní chyba stopek $m_x = 0.01$ s
reakční doba operátora $m_x = 0.5$ s



Elektrické veličiny – analogové přístroje

třída přesnosti T_p

$\approx$ maximální relativní

chyba v daném rozsahu $x_{\max}$

$$m_x = \frac{1}{100} T_p x_{\max}$$



Elektrické veličiny – digitální přístroje



příklad z uživatelské příručky: $m_x = 0,01\% \text{ rdg.} + 2 \text{ digits}$

základní chyba = procento z naměřené (čtené) hodnoty

digit = poslední zobrazená pozice na displeji

závisí na rozsahu (pozice desetinné čárky)

e.g. $U = 12.778 \text{ V} \rightarrow 1 \text{ digit} \approx 0.001 \text{ V}$

Chyby měření základních veličin – opakovaná měření

aritmetický průměr (střední hodnota) $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$

směrodatná odchylka aritmetického průměru

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}}$$

Nejistoty

Typ A = nejistoty určené statistikou (opakovaná měření)

Typ B = nejistoty jiných zdrojů (chyby metody, přístrojů, atp.)

Stanovení nejistoty měření

Absolutní nejistota u_x veličiny X

stejná jednotka jako veličina

Relativní chyba u_{rx} veličiny X

podíl absolutní nejistoty a hodnoty dané veličiny

$$u_{rx} = \frac{u_x}{X}$$

“r” jako “relativní”

relativní hodnota (bez jednotky)

Nejistota typu A

$$u_{xA} = s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Nejistota typu B

$$u_{zB} = \frac{\Delta z_{\max}}{\chi}$$

$\Delta z_{\max}$ maximální měřitelná systematická chyba měření ($= m_x$)

$$\chi = \sqrt{3} \quad \text{pro rovnoměrné rozdělení}$$

Kombinovaná standardní nejistota (A + B)

kvadratický zákon hromadění nejistot $u_x = \sqrt{u_{xA}^2 + u_{xB}^2}$

Nepřímá měření – obecný postup

pro veličinu $Y = f(X_1, X_1, \dots, X_n)$

$$u_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial X_1}\right)^2 u_{X_1}^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_2}\right)^2 u_{X_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_n}\right)^2 u_{X_n}^2}$$

Použití kvadratického zákona hromadění nejistot

příprava dílčích nejistot $u_{X_1A}, u_{X_2A} \dots u_{X_nA}, u_{X_1B}, u_{X_2B} \dots u_{X_nB}$

$$u_{YA} = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial X_1}\right)^2 u_{X_1A}^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_2}\right)^2 u_{X_2A}^2 + \dots + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_n}\right)^2 u_{X_nA}^2}$$

$$u_{YB} = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial X_1}\right)^2 u_{X_1B}^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_2}\right)^2 u_{X_2B}^2 + \dots + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_n}\right)^2 u_{X_nB}^2}$$

$$u_Y = \sqrt{u_{YA}^2 + u_{YB}^2}$$

Zjednodušení výpočtu pro 2 dílčí veličiny

hodnoty ***a*** a ***b*** jsou reálné konstanty

m a ***n*** jsou exponenty mocnin

Operace	vzorec výpočtu	nejistota
Součet nebo rozdíl	$Y = X_1 \pm X_2$	$u_Y = \sqrt{u_{X_1}^2 + u_{X_2}^2}$
	$Y = aX_1 \pm bX_2$	$u_Y = \sqrt{a^2 u_{X_1}^2 + b^2 u_{X_2}^2}$
násobení nebo dělení	$Y = X_1 X_2$	$u_{rY} = \sqrt{u_{rX_1}^2 + u_{rX_2}^2}$
	$Y = aX_1^m X_2^n$	$u_{rY} = \sqrt{m^2 u_{rX_1}^2 + n^2 u_{rX_2}^2}$

Zápis výsledku měření

$$Y \pm u_Y$$

hodnota nejistoty u_Y – vždy zaokrouhlit nahoru

počet platných číslic = 2

výsledek Y – stejný počet desetinných míst jako nejistota

$$\lambda = (632.8 \pm 1.3) \text{ nm}$$

$$T = (1.235 \pm 0.032) \text{ s}$$

$$E = (2.05 \pm 0.12) \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$