

FY2BP_FM1 Fyzikální měření 1

Podzim 2011

Teoretická část: Mgr. Petr Novák

Praktická část: PhDr. Jan Válek

Bloková výuka: pátek 5.11. 2011 od 9:00, praktická část od 13:00

1. Určení hustoty z měření objemu a hmotnosti ocelového válečku nebo kuličky

- úkol
 - zjistěte, z jakého materiálu je vyrobeno předložené těleso/tělesa, do Závěru protokolu uveďte možný rozsah hodnot hustoty daného materiálu z MFCH tabulek
- pomůcky
 - digitální váhy (opsat DKP)
 - odměrný válec (opsat DKP)
 - posuvné měřidlo nebo mikrometr (opsat DKP)
 - váleček, kulička nebo krychle
- postup
 - určení chyby měřidel (polovina nejmenšího dílku nebo jeden digit)
 - určení hmotnosti tělesa (m) (jak válečku, tak i kuličky)
 - určení objemu tělesa (zvolit jednu z variant)
 - § změřením výšky (v) a průměru (d) válečku nebo průměr(d) kuličky
 - § změření objemu tělesa v odměrném válci (V) nebo vypočítání objemu (V) z naměřených hodnot
 - vypočítáním hustoty (ρ) z naměřených hodnot
 - § kulička:

$$r_K = \frac{m_K}{V_K} = \frac{m_K}{\frac{4}{3} \cdot p \cdot r^3} = \frac{m_K}{\frac{1}{6} \cdot p \cdot d^3} = \frac{6 \cdot m_K}{p \cdot d^3}$$
 - § váleček:

$$r_V = \frac{m_V}{V_V} = \frac{m_V}{p \cdot r^2 \cdot v_V} = \frac{m_V}{\frac{1}{4} \cdot p \cdot d^2 \cdot v_V} = \frac{4 \cdot m_V}{p \cdot d^2 \cdot v_V}$$
 - určení hustoty těles pomocí MFCH tabulek
- vyhodnocení chyb měření
 - distribuce chyb *směrodatné odchylky (absolutní nejistota): s*
 - distribuce chyb *relativní chyby (relativní nejistota): d*
 - za hodnoty jednotlivých měřených neznámých dosazujte aritmetický průměr daných veličin

Pro kuličku:

$$r_K = 6 \cdot m \cdot p^{-1} \cdot d^{-3}$$

$$\frac{\partial r_K}{\partial m} = 6 \cdot p^{-1} \cdot d^{-3}$$

$$\frac{\partial r_K}{\partial d} = 6 \cdot p^{-1} \cdot m \cdot d^{-4} \cdot (-3) = (-18) \cdot p^{-1} \cdot m \cdot d^{-4}$$

$$s_{r_K} = \sqrt{\left(\frac{\partial r_K}{\partial m} \cdot s_m\right)^2 + \left(\frac{\partial r_K}{\partial d} \cdot s_d\right)^2} = \sqrt{\left[6 \cdot p^{-1} \cdot d^{-3} \cdot s_m\right]^2 + \left[(-18) \cdot p^{-1} \cdot m \cdot d^{-4} \cdot s_d\right]^2} =$$

$$s_{r_K} = \sqrt{\left[\left(\frac{6}{p \cdot d^3}\right) \cdot (s_m)\right]^2 + \left[\left(\frac{-18 \cdot m}{p \cdot d^4}\right) \cdot (s_d)\right]^2}$$

$$s_{r_K} = \sqrt{\left[\left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right) \cdot \left(\frac{s_m}{m}\right)\right]^2 + \left[\left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right) \cdot \left(\frac{-3 \cdot s_d}{d}\right)\right]^2}$$

$$s_{r_K} = \sqrt{\left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right)^2 \cdot \left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{6 \cdot m}{p \cdot d^3}\right)^2 \cdot \left(\frac{-3 \cdot s_d}{d}\right)^2}$$

$$s_{r_K} = \pm r_K \cdot \sqrt{\left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{-3 \cdot s_d}{d}\right)^2}$$

$$d_{r_K} = \frac{s_{r_K}}{r_K} = \pm \sqrt{\left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{-3 \cdot s_d}{d}\right)^2}$$

Pro váleček

$$r_v = 4 \cdot m \cdot p^{-1} \cdot d^{-2} \cdot v^{-1}$$

$$\frac{\partial r_v}{\partial m} = 4 \cdot p^{-1} \cdot d^{-2} \cdot v^{-1}$$

$$\frac{\partial r_v}{\partial v} = -4 \cdot m \cdot p^{-1} \cdot d^{-2} \cdot v^{-2}$$

$$\frac{\partial r_v}{\partial d} = -8 \cdot m \cdot p^{-1} \cdot d^{-3} \cdot v^{-1}$$

$$s_{r_v} = \sqrt{\left(\frac{\partial r_v}{\partial m} \cdot s_m\right)^2 + \left(\frac{\partial r_v}{\partial v} \cdot s_v\right)^2 + \left(\frac{\partial r_v}{\partial d} \cdot s_d\right)^2}$$

$$s_{r_v} = \sqrt{\left[\left(\frac{4}{p \cdot d^2 \cdot v}\right) \cdot (s_m)\right]^2 + \left[\left(\frac{-4 \cdot m}{p \cdot d^2 \cdot v^2}\right) \cdot (s_v)\right]^2 + \left[\left(\frac{-8 \cdot m}{p \cdot d^3 \cdot v}\right) \cdot (s_d)\right]^2}$$

$$s_{r_v} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot m}{p \cdot d^2 \cdot v}\right)^2 \cdot \left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{4 \cdot m}{p \cdot d^2 \cdot v}\right)^2 \cdot \left(\frac{-s_v}{v}\right)^2 + \left(\frac{4 \cdot m}{p \cdot d^2 \cdot v}\right)^2 \cdot \left(\frac{-2 \cdot s_d}{d}\right)^2}$$

$$s_{r_v} = \pm r_v \cdot \sqrt{\left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{-s_v}{v}\right)^2 + \left(\frac{-2 \cdot s_d}{d}\right)^2}$$

$$d_{r_v} = \frac{s_{r_v}}{r_v} = \pm \sqrt{\left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{-s_v}{v}\right)^2 + \left(\frac{-2 \cdot s_d}{d}\right)^2}$$

- Celková chyba měření

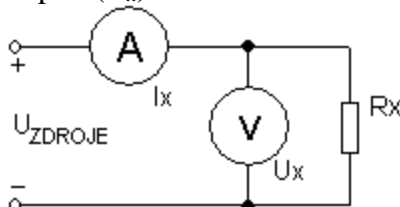
- $\Delta c = \sqrt{(studentuv_koeficient \cdot s)^2 + (chyba_meridla)^2}$
- Pozn.: pokud nevyčteme hodnotu chyby digitálních vah, považujeme za chybu jeden digit (pokud jsou na displeji tři desetinná místa, pak jako chybu přístroje uvažujeme 0,001)

2. Určení elektrického odporu a elektrického výkonu z měření elektrického napětí a elektrického proudu

- úkol
 - zjistit odpor nepřímou metodou (Ohmovou metodou)
 - určit elektrický výkon na rezistoru
- pomůcky
 - ampérmetr (multimetr) (opsat DKP)
 - voltmetr (multimetr) (opsat DKP)
 - stabilizovaný zdroj (opsat DKP)
 - odporová dekáda nebo posuvný potenciometr (opsat DKP)
- postup
 - určení chyby měřidel (polovina nejmenšího dílku nebo jeden digit)
 - na zdroji nastavovat napětí ($U_{ZDROJE} = 5 \text{ V}, 12 \text{ V}, 19 \text{ V}$)
 - na odporové dekádě si nastavit 6x libovolnou hodnotu odporu ($R_x = 40 \Omega, 60 \Omega, 90 \Omega, 22\,000 \Omega, 55\,000 \Omega, 82\,000 \Omega$)
 - § pozn.: $R_{AMPÉRMETRU}$ je velmi malý, $R_{VOLTMETRU}$ je velmi velký
 - schéma zapojení

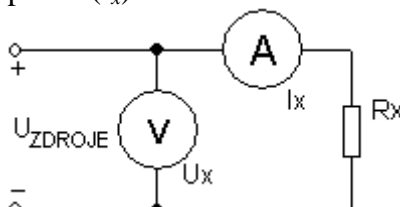
§ malé R_x jsme určili jsou v rozsahu $30 \Omega \div 1\,000 \Omega$

§ při měření malých odporů (velké zátěže) měříme přesněji napětí (U_x)



§ velké $R_x > 1 \text{ k}\Omega$

§ při měření velkých odporů (malé zátěže) měříme přesněji proud (I_x)



- odečítat hodnoty na voltmetru (U_x) a ampérmetru (I_x)
- dosadit naměřené hodnoty do vztahů:

$$\S R_x = \frac{U_x}{I_x}$$

$$\S P_x = U_x \cdot I_x = \frac{U_x^2}{R_x} = I_x^2 \cdot R_x$$

- tabulka naměřených hodnot

Štítková hodnota rezistorů [Ω]	U_x [V]	I_x [A]	R_x [Ω]	P_x [W]

- vyhodnocení chyb měření
- písemné zpracování a odevzdání protokolu
- vyhodnocení chyb měření
 - distribuce chyb *směrodatné odchylky (absolutní nejistota)*: s
 - distribuce chyb *relativní chyby (relativní nejistota)*: d

- o za hodnoty jednotlivých měřených neznámých dosazujte aritmetický průměr daných veličin

Odpor

$$R_x = U_x \cdot I_x^{-1}$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial U_x} = I_x^{-1}$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial I_x} = -U_x \cdot I_x^{-2}$$

$$s_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{\partial R_x}{\partial U_x} \cdot s_{U_x}\right)^2 + \left(\frac{\partial R_x}{\partial I_x} \cdot s_{I_x}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{I_x} \cdot s_{U_x}\right)^2 + \left(\frac{-U_x}{I_x^2} \cdot s_{I_x}\right)^2}$$

$$s_{R_x} = \sqrt{\left(\frac{U_x}{I_x}\right)^2 \cdot \left(\frac{s_{U_x}}{U_x}\right)^2 + \left(\frac{U_x}{I_x}\right)^2 \cdot \left(\frac{-s_{I_x}}{I_x}\right)^2} = \pm R_x \cdot \sqrt{\left(\frac{s_{U_x}}{U_x}\right)^2 + \left(\frac{-s_{I_x}}{I_x}\right)^2}$$

$$d_{R_x} = \frac{s_{R_x}}{R_x} = \pm \sqrt{\left(\frac{s_{U_x}}{U_x}\right)^2 + \left(\frac{-s_{I_x}}{I_x}\right)^2}$$

Výkon

$$P_x = U_x \cdot I_x$$

$$\frac{\partial P_x}{\partial U_x} = I_x$$

$$\frac{\partial P_x}{\partial I_x} = U_x$$

$$s_{P_x} = \sqrt{\left(\frac{\partial P_x}{\partial U_x} \cdot s_{U_x}\right)^2 + \left(\frac{\partial P_x}{\partial I_x} \cdot s_{I_x}\right)^2} = \sqrt{(I_x \cdot s_{U_x})^2 + (U_x \cdot s_{I_x})^2}$$

$$s_{P_x} = \sqrt{(U_x \cdot I_x)^2 \cdot \left(\frac{s_{U_x}}{U_x}\right)^2 + (U_x \cdot I_x)^2 \cdot \left(\frac{s_{I_x}}{I_x}\right)^2} = \pm P_x \cdot \sqrt{\left(\frac{s_{U_x}}{U_x}\right)^2 + \left(\frac{s_{I_x}}{I_x}\right)^2}$$

$$d_{P_x} = \frac{s_{P_x}}{P_x} = \pm \sqrt{\left(\frac{s_{U_x}}{U_x}\right)^2 + \left(\frac{s_{I_x}}{I_x}\right)^2}$$

- Celková chyba měření

- o $\Delta c = \sqrt{(\text{studentuv_koeficient} \cdot s)^2 + (\text{chyba_meridla})^2}$
- o Pozn.: pokud nevyčteme hodnotu chyby digitálních vah, považujeme za chybu jeden digit (pokud jsou na displeji tři desetinná místa, pak jako chybu přístroje uvažujeme 0,001)

3. Odhad a měření reakční doby člověka

- úkol
 - zjistíte reakční doby člověka (vlastní)
 - vytvořit „cejchovanou“ stupnici pro různé délky zachycení pravítka
 - vytvořit graf závislosti reakční doby (t) na délce zachycení pravítka (d)
- pomůcky
 - pravítko délky 30 cm
- postup
 - určení chyby měřidel (polovina nejmenšího dílku)
 - kolega ve skupině Vám vloží mezi prsty pravítko, tak, aby jste se jej nedotýkali, prsty jsou na úrovni 0 cm na pravítku
 - změříme dráhu (d), kterou pravítko proběhne mezi prsty k místu, na kterém ji osoba zachytí, a podle uvedeného vztahu vypočítáme dobu, která se přibližně rovná individuální reakční době osoby

§ měření pro každou osobu opakujeme 10-krát a poté vypočítáme střední hodnotu reakční doby i s chybou

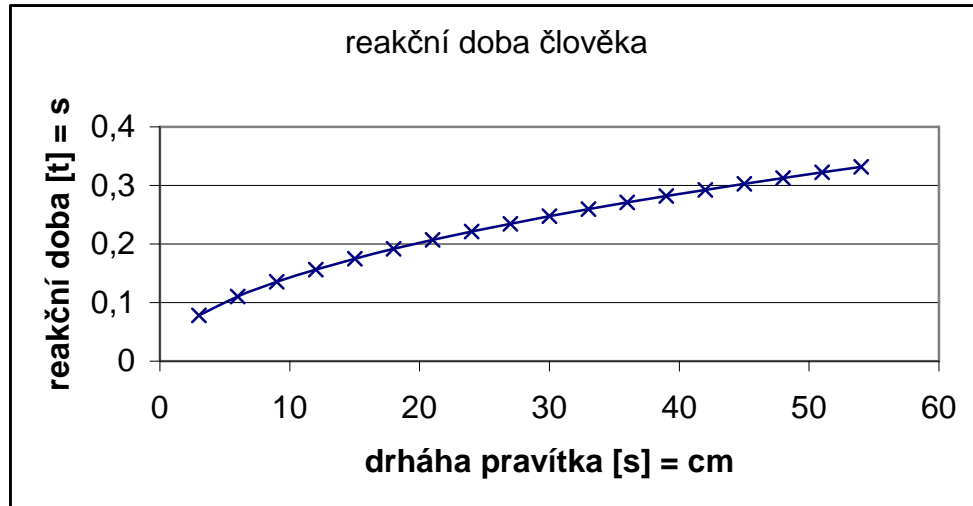
- předpokládáme, že se pravítko v prvních okamžicích pádu pohybuje volným pádem:

$$\S \quad s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad d = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{g}}$$

- „cejchovaná“ stupnice – tabulka

d [cm]	3	6	9	12	15	30
t [s]							

- graf závislosti reakční doby na dráze pádu pravítka:



- vyhodnocení chyb měření
 - distribuce chyb *směrodatné odchylky (absolutní nejistota): s*
 - distribuce chyb *relativní chyby (relativní nejistota): d*
 - za hodnoty jednotlivých měření neznámých dosazujte aritmetický průměr daných veličin

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{g}} = 2^{\frac{1}{2}} \cdot d^{\frac{1}{2}} \cdot g^{-\frac{1}{2}}$$

$$\frac{\partial t}{\partial d} = 2^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot d^{-\frac{1}{2}} \cdot g^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{2}{g \cdot d}}$$

$$s_t = \sqrt{\left(\frac{\partial t}{\partial d} \cdot s_d\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{2}{g \cdot d}} \cdot s_d\right)^2}$$

$$d_t = \frac{s_t}{t} = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{2}{g \cdot d}} \cdot s_d\right)^2}}{t}$$

- Odevzdat tři protokoly (pro každou úlohu jeden)
 - Každý protokol bude obsahovat následující části:
 - použité přístroje
 - teorie k úloze
 - postup měření
 - schéma (nákres) úlohy
 - naměřené hodnoty s vyhodnocenými chybami měření
 - distribuce chyb
 - závěr s vyhodnocením daného měření
- Vypracované protokoly odevzdat do **1. 12. 2011 do 15:00** do přihrádky *Jana Válka* na KF
- Nutné podmínky k udělení zápočtu:
 1. účast na semináři
 2. naměření a zpracování všech úloh
 3. odevzdání protokolů o měření se správným zpracováním naměřených hodnot a jejich smysluplnou interpretací
 4. odevzdání protokolů
 5. absolvování testu