

# WORD – Rovnice a symboly

---

Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Mgr. Josef Hylský.

Materiál je dostupný ze školního portálu <http://dum.voss-na.cz>, který provozuje  
Vyšší odborná škola stavební a Střední průmyslová škola stavební arch. Jana Letzela,  
Náchod

# Měření rychlosti střely balistickým kyvadlem

Kulička vystřelená z pistole se zarazí do balistického kyvadla, dochází tak k nepružné srážce. Kyvadlo získá kinetickou energii, kterou poté přemění na energii potenciální. Pomocí vhodných měřitelných veličin je možné spočítat výšku, do které kyvadlo vystoupí. Po dosazení do rovnic popisujících výše zmíněné zákony je možné určit rychlost střely.

- Střela předá hybnost kyvadlu

$$m_s \cdot v_s = (m_s + m_k) \cdot v_{s+k}$$

Kde  $m_s$  je hmotnost střely,  $v_s$  je rychlost střely,  $m_k$  je hmotnost kyvadla a  $v_{s+k}$  je rychlost střely a kyvadla po srážce

- Kyvadlo přemění kinetickou energii na energii potenciální

$$\frac{1}{2} \cdot (m_s + m_k) \cdot v_{s+k}^2 = (m_s + m_k) \cdot g \cdot h$$

kde  $g$  je gravitační zrychlení a  $h$  výška „zdvihu“

- Po úpravách získáváme rovnici pro hledanou rychlost střely

$$v_s = \frac{m_s + m_k}{m_s} \cdot \sqrt{2gh}$$

Naměření obou hmotností na školních vahách i délky závěsu je snadné, ale problém nastává u zjišťování výšky „zdvihu“  $h$ . Hledání metod určení tohoto parametru bych ponechal na vynalézavosti studentů. Zde je nástin několika možností:

- a) posun ve vodorovném směru (ozn.  $d$ ) je možné měřit pomocí posunutí lehké zarážky (např. přehnutý papír či polystyrenová krychlička) balistickým kyvadlem nebo pomocí posunu stínu při osvětlení kyvadla shora. Při druhém způsobu je třeba dát osvětlení dostatečně vysoko, aby dopadající paprsky byly přibližně kolimované.

Z geometrické situace (viz obr. 4.1) je poté možné spočítat výšku  $h$ :

$$l^2 - d^2 = (l - h)^2$$
$$h = l - \sqrt{l^2 - d^2}$$

- b) úhel, který svírá kyvadlo v krajní poloze se svislým směrem (ozn.  $\varphi$ ) je možné měřit za pomoci kotouče, který se otáčí okolo pevně ukotvené tyče, na které je připevněno balistické kyvadlo. Je třeba zajistit malé tření, aby se kotouč po otočení z výchozí polohy o hledaný úhel nevracel zpět. Otočení kotouče můžeme zajistit pomocí malého výstupku (např. kousek párátko připevněný kolmo na něj) umístěného od středu tak, aby moment síly byl co nejmenší. Po vystřelení odečteme úhel, o který se kotouč pootočí.

Z geometrické situace je možné spočítat výšku  $h$ :

$$d = l \cdot \cos \varphi$$
$$h = l \cdot (1 - \sqrt{1 - \sin^2 \varphi})$$

---

Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Mgr. Josef Hylský.

Materiál je dostupný ze školního portálu <http://dum.voss-na.cz>, který provozuje  
Vyšší odborná škola stavební a Střední průmyslová škola stavební arch. Jana Letzela,  
Náchod

## Měření indexu lomu kapalin

Při určování indexu lomu vycházíme ze Snellova zákona lomu. Pokud uvažujeme  $n_{\text{vzduch}} = 1$ , pak je jeho tvar:

$$n_{\text{kapaliny}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Úhel dopadu vypočítáme snadno jako doplněk úhlu naměřeného při měření s kapalinou do úhlu pravého. Úhel lomu musíme určit z geometrické situace:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{d - l}{h}$$

$$l = \frac{s \cdot \sin \gamma}{\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_1} - \frac{s \cdot \sin \gamma}{h \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}$$

Při určování hledaných parametrů jsem využil podobnosti trojúhelníků, sinovou větu a goniometrické funkce. Úhel označený  $\varphi_1$  je úhel odečtený z pomůcky při měření bez kapaliny. Po dosazení vypočítaného úhlu lomu  $\beta$  do Snellova zákona dopočítáme hledaný index lomu.

---

Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Mgr. Josef Hylský.

Materiál je dostupný ze školního portálu <http://dum.voss-na.cz>, který provozuje  
Vyšší odborná škola stavební a Střední průmyslová škola stavební arch. Jana Letzela,  
Náchod