

Balistické kyvadlo

Úkol: Zjistěte s pomocí balistického kyvadla rychlost kuličky vystřelené různou silou v ústí hlavně vrhacího zařízení.

Potřeby: Viz seznam v deskách u úlohy na pracovním stole.

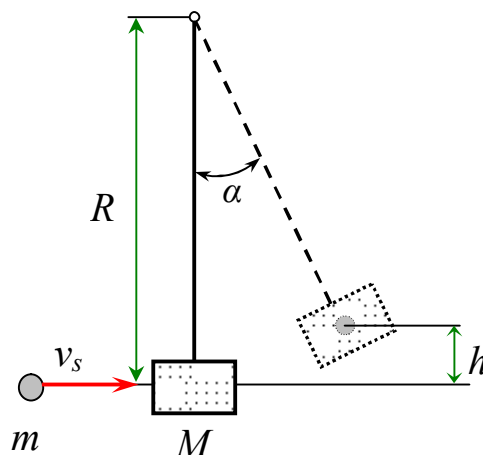
Obecná část:

Balistické kyvadlo je klasické zařízení pro určování rychlosti střely. Skládá se z těžkého tělesa hmotnosti M , které je zavěšeno na dlouhém závěsu s nízkou hmotností, nejlépe bifilárním. V našem případě budeme používat zjednodušenou variantu kyvadla s jednoduchým závěsem délky R (viz obr. 1). Rychlost střely v_s hmotnosti m se určí z výchylky α závěsu balistického kyvadla, jež střela zasáhne v jeho klidové poloze ($v_0 = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Bezprostředně po zásahu se pohybuje kyvadlo se střelou rychlostí v_1 (při zásahu se jedná o nepružný ráz) a následně vystoupí do výšky h nad svou rovnovážnou polohou.

Jelikož se jedná o silově izolovanou soustavu střela – kyvadlo, zůstává celková hybnost této soustavy zachována (**platí zákon zachování hybnosti**). Musí tedy nutně platit podmínka

$$m \cdot v_s = (M + m) \cdot v_1 \quad . \quad (1)$$

Obr. 1.



Pro pohyb kyvadla **po zásahu střelou** musí zase platit zákon zachování mechanické energie, tedy počáteční kinetická energie kyvadla se musí rovnat jeho konečné potenciální energii ve výšce h

$$\frac{1}{2} \cdot (M + m) \cdot v_1^2 = (M + m) \cdot g \cdot h \quad . \quad (2)$$

Kombinací obou rovnic (1) a (2) můžeme pro velikost rychlosti střely jednoduše odvodit vztah

$$v_s = \frac{m + M}{m} \cdot \sqrt{2gh} \quad . \quad (3)$$

Vzhledem k používanému experimentálnímu uspořádání je pak výhodné nahradit veličinu h výrazem

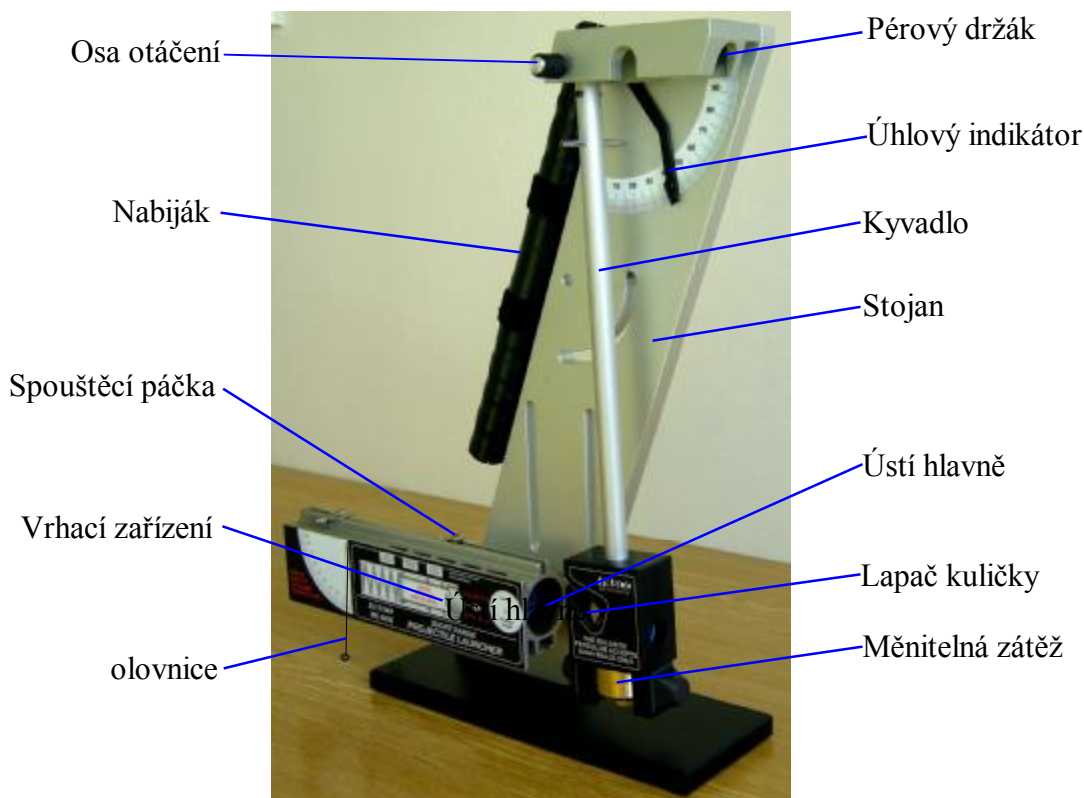
$$h = R \cdot (1 - \cos \alpha) \quad .$$

Pracovní postup:

K experimentu použijte balistické kyvadlo firmy PASCO Scientific (USA) – viz obr. 2.

- Ⓜ Před vlastním měřením **určete hmotnost ocelové kuličky m** ; hmotnost kyvadla M a vzdálenost R těžiště kyvadla od osy otáčení jsou známé veličiny:

$$\begin{aligned} M &= 246,9 \text{ g} \quad , \\ R &= 28,2 \text{ cm} \quad . \end{aligned}$$



Obr. 2.

- 1) Otočte kyvadlo do vodorovné polohy a zajistěte ho zacvaknutím do pérového držáku.
- 2) Vložte ocelovou kuličku do hlavně a zatlačte ji s pomocí nabijáku, až spoušť zachytí píst v jedné ze tří poloh (nikdy nepoužívejte nabiják aniž by kulička nebyla v hlavni).
- 3) Vraťte kyvadlo do svislé polohy a nastavte úhlový indikátor na nulu.
- 4) Zatáhnutím za spouštěcí páčku vystřelte kuličku do kyvadla a odečtěte úhel vychýlení α .
- 5) Zopakujte postup podle bodů 1 až 4 s tím rozdílem, že úhlový indikátor nastavíte na úhel o jeden až dva stupně menší než byl úhel α , který kyvadlo dosáhlo při předchozím výstřelu. (Pokuste se vysvětlit důvod tohoto postupu).
- 6) Stejným způsobem proveďte alespoň dva další výstřely.
- 7) Naměřené hodnoty zprůměrujte a vypočítejte rychlost kuličky při výstřelu.

- Ⓡ Po dohodě s vyučujícím pozměňte některé parametry experimentu a podle bodů 1) až 7) proveďte další měření rychlosti kuličky.

Nikdy se nedívejte do hlavně zepředu !!!

Nabití hlavně kontrolujte vždy z boku !!!

Používejte ochranné brýle !!!