Metody měření rychlosti

R. Pavelka*, P. Majling**
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
*pavelro1@fjfi.cvut.cz, **petr.majling@yahoo.com

Abstrakt

Příspěvek se zabývá několika metodami určení rychlosti projektilu vzduchovky. Zkoumané metody využívají zákona zachování hybnosti ("špalíky" a balistické kyvadlo), tření ("špalíky") nebo jiné jevy (průlet rotujícími kotouči). Při provedení jsme se snažili o přesnost, jednoduchost přenesení principu do praxe a ekonomičnost. Právě jednoduchost provedení učinila metodu "špalíky" nejen nejjednodušší a nejlevnější, ale hlavně nejpřesnější. Předpokládáme, že po vyřešení technických problémů by se přesnější stala metoda s rotujícími kotouči a balistické kyvadlo.

1 Úvod

Naší hlavní motivací bylo vyzkoušet si vybavení praktik FJFI. Zajímalo nás, jak budeme zvládat experimentální práci, proto jsme si vybrali měření rychlosti projektilu. Podle výrobce se rychlost pohybuje okolo 170 m/s. U těchto hodnot je už obtížné měřit veličinu přímo. Diabolka je velmi lehká a snadno se deformuje. To nám znemožňuje využít zákona zachování energie (neumíme vyčíslit její ztráty), proto používáme zákon zachování hybnosti.

2 Metoda "špalíky"

Pomůcky: dřevěná deska, špalíky, váhy, délkové měřidlo, siloměr

Princip této metody je velmi jednoduchý. Změříme sílu potřebnou k rovnoměrnému pohybu špalíku po desce a vypočteme součinitel smykového tření. Pak umístíme špalík k hraně desky a střílíme pokud možno do středu špalíku. Pokud se špalík příliš otočí, považujeme měření za chybné. Projektil předá hybnost špalíku, který tím získá kinetickou energii. Ta je spotřebována prací třecích sil. Z dráhy, na které třecí síly působily, můžeme vypočítat rychlost, kterou diabolka špalík zasáhla. Špalík před každým měřením vážíme (absorbuje diabolky a tím mění svou hmotnost).

Rovnice: m – hmotnost diabolky, M – hmotnost špalíku, v – rychlost diabolky, v_1 – rychlost špalíku po zásahu, E_k – kinetická energie špalíku po zásahu, W – práce vykonaná třecí silou, f – součinitel smykového tření, g – tíhové zrychlení, s – dráha uražená špalíkem po desce

$m \cdot v = (M+m) \cdot v_1$ …zákon zachování hybnosti

$E_k = \frac{1}{2}(M+m) \cdot v_1^2$ …kinetická energie špalíku

$W = f \cdot g \cdot (M+m) \cdot s$ …práce třecích sil

$v = \frac{(M+m)}{m} \cdot \sqrt{2 \cdot f \cdot g \cdot s}$ ...výsledný vzorec

Výsledek: $v = (170 \pm 10)\, m\, s^{-1}$

Zhodnocení: Velice jednoduchá metoda, poměrně přesná.

3 Metoda “kotouče“

Pomůcky: stavebnice Merkur, elektromotor, zdroj stejnosměrného proudu, zdroj střídavého proudu, nf voltmetr a ampérmetr, osciloskop, papírové kotouče, úhloměr

Určujeme čas průletu diabolky mezi kotouči, jejichž vzdálenost známe. Dobu zjistíme změřením úhlu mezi kolmým průmětem prvního průstřelu na druhý kotouč a druhým průstřelem. Pro toto potřebujeme znát frekvenci otáčení elektromotoru. K osciloskopu připojíme dynamo (napojené na ose otáčení motoru) a zdroj střídavého proudu. Pozorujeme obrazce (tzv. Lissajousovy obrazce) složené z křivky průběhu proudu dynama na jedné ose a proudu známé frekvence na ose k ní kolmé. Ze známých obrazců pro poměr frekvencí 1:1 (úsečka, kružnice, elipsa) poznáme, kdy se frekvence rovnají. Vyšla nám lineární závislost otáček na napětí, kterým motor roztáčíme.

Výsledek a zhodnocení: Vycházely nám hodnoty z opravdu velkého rozsahu (100 m/s až 400 m/s). Tyto chyby pramenily z absence stativu, velké rezonance celého měřícího přístroje a malé velikosti kotoučů (my použili o průměru asi 20 cm, lepší by bylo tak 50 cm a výše).

4 Metoda balistické kyvadlo

Pomůcky: dřevěný špalík, stojan, nit, délkové měřidlo, kamera

Stejně jako u první metody, určujeme rychlost ze změny hybnosti. Střelíme do dřevěného špalíku na závěsu a změříme, jak vysoko se vyhoupne (používáme kameru). Ze změny jeho potenciální energie určíme jakou hybnost mu diabolka předala a tím i rychlost diabolky.

Rovnice: h – výška výkyvu špalíku (Zbylá symbolika je stejná jako u metody „špalíky“.)

$m \cdot v = (M+m) \cdot v_1$ …zákon zachování hybnosti

$\frac{1}{2}(M+m) \cdot v_1^2 = (M+m) \cdot g \cdot h$ …zákon zachování energie

$v = \frac{(M+m)}{m} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ ...výsledný vzorec

Výsledek: $v = (200 \pm 10)\, m\, s^{-1}$

Zhodnocení: Jednoduchá metoda, přesnost by se dala zlepšit (větší přesnost snímání výšky).

5 Závěr

Vyzkoušeli jsme si práci v praktikách FJFI. Porovnali jsme různé metody měření rychlosti projektilu. Nejlépe vycházejí „špalíky“. Druhé dvě bychom při dalším provedení určitě zbavili některých problémů. Předpokládáme, že metoda průstřelu kotoučů může být při lepším provedení z použitých tou nejpřesnější. Naučili jsme se měřit frekvenci elektromotoru a objevili užitečné triky při měření smykového tření. Dále jsme zjistili, že rychlost není pořád stejná, ale pohybuje se v určitém intervalu.

6 Poděkování

Děkujeme Petru Váchovi, Ladislavu Chytkovi a Pavlu Linhartovi za pomoc při provádění, pracovníkům dílen SÚZ na Strahově za materiál a jeho opracování a ing. Svobodovi a jeho spolupracovníkům z fyzikálních praktik FJFI za pomoc a užitečné rady.

7 Reference

[1] M. JÍLEK, *Rychlost výstřelu diabolky*, http://fyzweb.cuni.cz/dilna/krouzky/strela/strela.htm, 8. 11. 2007

[2] *Česká Zbrojovka a.s. - Produkty / Vzduchovky / Senior - SLAVIA 630 Standard,* http://www.ceska-zbrojovka.com/index.php?p=32&idp=4&ids=12&idz=51&lang=cz, 8.11. 2007