

Určení rychlosti šípu

Miroslav Jílek, *Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha*

Pokus změřit rychlost vystřeleného šípu vznikl při hrátkách a nejrůznějším fyzikálním dovádění na semináři v Malé Hrašticí. Svoji podstatou je vhodný nejenom pro pobavení, ale i pro ověření mnoha fyzikálních jevů a zákonů. Z technických a bezpečnostních důvodů lze pokus realizovat především na volném prostranství v přírodě, i když, jak jsme viděli na veletrhu, ani v uzavřených prostorách není jeho provedení vyloučeno.

Co budeme k takovému pokusu potřebovat?

Především samozřejmě šíp a nějaký luk, z kterého jej budeme vypouštět. V našem případě se jednalo o dřevěný luk, vyřezaný ze suché ořechové hole, a rovný šíp z trnového keře. V případě provádění pokusu ve třídě doporučuji použít raději dětský umělohmotný luk a šíp s ochrannou přísavkou, který lze zakoupit v hračkářství.

Další potřebné pomůcky již vyplývají z podstaty pokusu. Rychlost šípu změříme pomocí tzv. *balistického kyvadla*. Nám se jako balistické kyvadlo nejlépe osvědčila igelitová taška vyplněná zmačkaným novinovým papírem, kterou jsme zavěsili na dvě asi třímetrová vlákna (dvě vlákna jsou vhodná, aby se kyvadlo neotáčelo kolem své osy).

Vlastní pokus spočívá v tom, že šípem střílíme z malé vzdálenosti do zavěšeného kyvadla a sledujeme, například proti přilehlé stěně, velikost výchylky kyvadla se zabodnutým šípem od rovnovážné polohy.

Použijeme-li zákon zachování hybnosti a zákon zachování mechanické energie, můžeme odvodit vztah pro výpočet velikosti rychlosti šípu

$$v = \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \cdot \sqrt{2g(l - \sqrt{l^2 - x^2})},$$

kde m_1 , m_2 jsou hmotnosti kyvadla a šípu, g tíhové zrychlení, l délka závěsu kyvadla,

x příčná vzdálenost výchylky kyvadla od rovnovážné polohy.

Jedinými veličinami, které neznáme, jsou hmotnosti kyvadla a šípu. Ze vztahu je však patrné, že stačí uvažovat pouze jejich poměr. Ten můžeme snadno zjistit, použijeme-li momentovou větu. Kyvadlo a šíp vyvážíme na páce tvořené například špejlí, nebo tenkým klacíkem a odměříme vzdálenosti závaží od osy otáčení. Tyto nám potom určují přímo poměr hmotností obou závaží.

Výsledek pokusu je možné ověřit i jinou metodou, a to změřením doletu šípu při jeho výstřelu šikmo vzhůru. To už je ale ve třídě opravdu těžko realizovatelné.

Tímto pokusem můžeme názorně předvést zejména zákony zachování hybnosti a energie, ale též momentovou větu, pohyby těles v gravitačním poli, deformace těles, energetické přeměny a další fyzikální poznatky, které jistě objevíte sami.