

## Úloha V.E ... Stříkačka

8 bodů; průměr 6,76; řešilo 29 studentů

Tomáš našel v lékárnice stříkačku o objemu 50 ml. Aby si ji vyzkoušel, stříkal z ní vodu. Tu ho náhle napadlo, že by chtěl vědět maximální rychlost, kterou je schopen vodu z jeho stříkačky vystříknout.

Pomozte mu a experimentálně změřte tuto veličinu (rychlost vody, která vylétá ze stříkačky, v metrech za sekundu). Snažte se použít podobný objem stříkačky, jako použil Tomáš. Jako obvykle provedení svého experimentu pečlivě popište a měření několikrát opakujte.

Měření rychlosti lze provádět různými způsoby, které se od sebe liší přesností a složitostí provedení. Typicky měříme rychlost nějakého objektu tak, že změříme čas  $t$  (např. stopkami), za který projde předem určenou dráhu  $s$ . Rychlost pak bude  $v = s/t$ .

V případě vystřikování vody ze stříkačky jsou rychlosti vody poměrně vysoké, tzn. voda urazí za krátký čas relativně velkou dráhu. Abychom mohli tuto rychlost měřit, museli bychom být schopni měřit krátké časy nebo prodloužit dráhu, kterou voda musí urazit. Jelikož se ale vodní paprsek při svém letu rychle rozpadá a v důsledku tíhové síly mění svou rychlost, libovolné prodloužování dráhy  $s$  není jednoduché. Zůstává nám tedy varianta nalézt způsob měření krátkých časů.

Nejjednodušší je použití kamery nebo fotoaparátu a vystřikování vody si nahrávat. Současné kamery umí natáčet rychlostí alespoň 24 snímků za sekundu, tzn. dva po sobě následující snímky jsou odděleny časovou mezerou  $1/24\text{ s} \doteq 42\text{ ms}$ . Na videu nám tedy stačí pozorovat šíření vody snímek po snímku podél předem změřené trajektorie a z počtu snímků pak spočítat příslušný čas.

Rychlost naší kamery byla 120 snímků za sekundu, tzn. časová mezera mezi dvěma následujícími snímky je  $\tau = 1/120\text{ s} \doteq 8,33\text{ ms}$ . Ve videu jsme vždy spočetli počet snímků  $n$ , během kterých vystříknutá voda urazila úsek o délce  $s = 1\text{ m}$ . Rychlost vody jsme vypočítali podle vztahu  $v = s/(n-1)\tau$ , neboť mezi  $n$  snímky je  $n-1$  časových mezer. Pro lepší kontrast jsme měřený úsek obarvili nažluto a vodu v stříkačce načerveno. Výsledek 5 měření uvádíme v tabulce 1.

Existují ale i další možnosti, jak se k rychlosti vody dopracovat bez nutnosti měřit čas. Využijeme toho, že voda je po vystříknutí ze stříkačky přitahována zemskou tíhou a dopadá na zem. Pokud neměníme polohu stříkačky, délka dostřiku vodního paprsku závisí jen na rychlosti vody.

Je-li stříkačka vodorovně a ve výšce  $h$  od země (tomuto uspořádání se říká vodorovný vrh), bude délka dostřiku  $d$  rovna

$$d = v\sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \Rightarrow \quad v = d\sqrt{\frac{g}{2h}},$$

kde  $v$  je rychlost a  $g$  tíhové zrychlení. Měřit vzdálenost  $d$  je již velmi jednoduché. Stříkačku můžeme upevnit například na stole a vodu zachytávat rozmotanou rolí toaletního papíru. V našem případě byla výška, ve které se nacházela stříkačka  $h = 70\text{ cm}$ . I výsledky tohoto experimentu uvádíme v tabulce 1.

Vidíme, že obě metody poskytují docela rozumné hodnoty rychlosti a moc se od sebe neliší. Průměrné výtokové rychlosti vody jsou  $15,53\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  v případě měření kamerou, respektive  $14,82\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  v případě měření vodorovného dostřiku. Standardní odchylky těchto měření<sup>1</sup> jsou  $0,73\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , respektive  $0,24\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

<sup>1</sup>Pro výpočet standardní odchylky viz vzorové řešení experimentální úlohy předchozí série.

Tab. 1: Naměřené hodnoty. V první polovině je rychlost vody  $v$  určena pomocí kamery, ve druhé polovině uvádíme měřenou vzdálenost vodorovného vrhu  $d$  a rychlost vody  $v'$ .

měření	1	2	3	4	5
$v/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	15,0	13,34	15,0	17,15	17,15
$d/\text{m}$	5,5	5,7	5,3	5,8	5,7
$v'/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	14,56	15,09	14,03	15,35	15,09

Pravděpodobně největší zásluhu na této odchylce způsobuje nerovnoměrné silové působení experimentátora na píst stříkačky. Další zdroje nepřesnosti mohou být nedostatečná rychlost kamery (voda měřenou vzdálenost překonala vždy buď za 8 nebo 9 snímků) anebo vliv odporu vzduchu (zejména v případě druhé metody). Ve výsledku a s uvážením těchto vlivů můžeme říct, že průměrná největší rychlost, jakou lze ze stříkačky stříkat vodu, je asi  $15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

*Patrik Švančara*

pato@vyfuk.mff.cuni.cz

---

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.