

POKUSY S PRAKEM

Václav Piskač, Brno 2014

V předchozím článku jsem popsal stavbu praku střílejícího tenisové míčky. Nyní se chci zabývat jeho využitím ve výuce.

Prak umožňuje střílet míčky prakticky stálým směrem a prakticky stálou rychlostí. Navíc je na něm dobře vidět směr, kterým vystřelí.

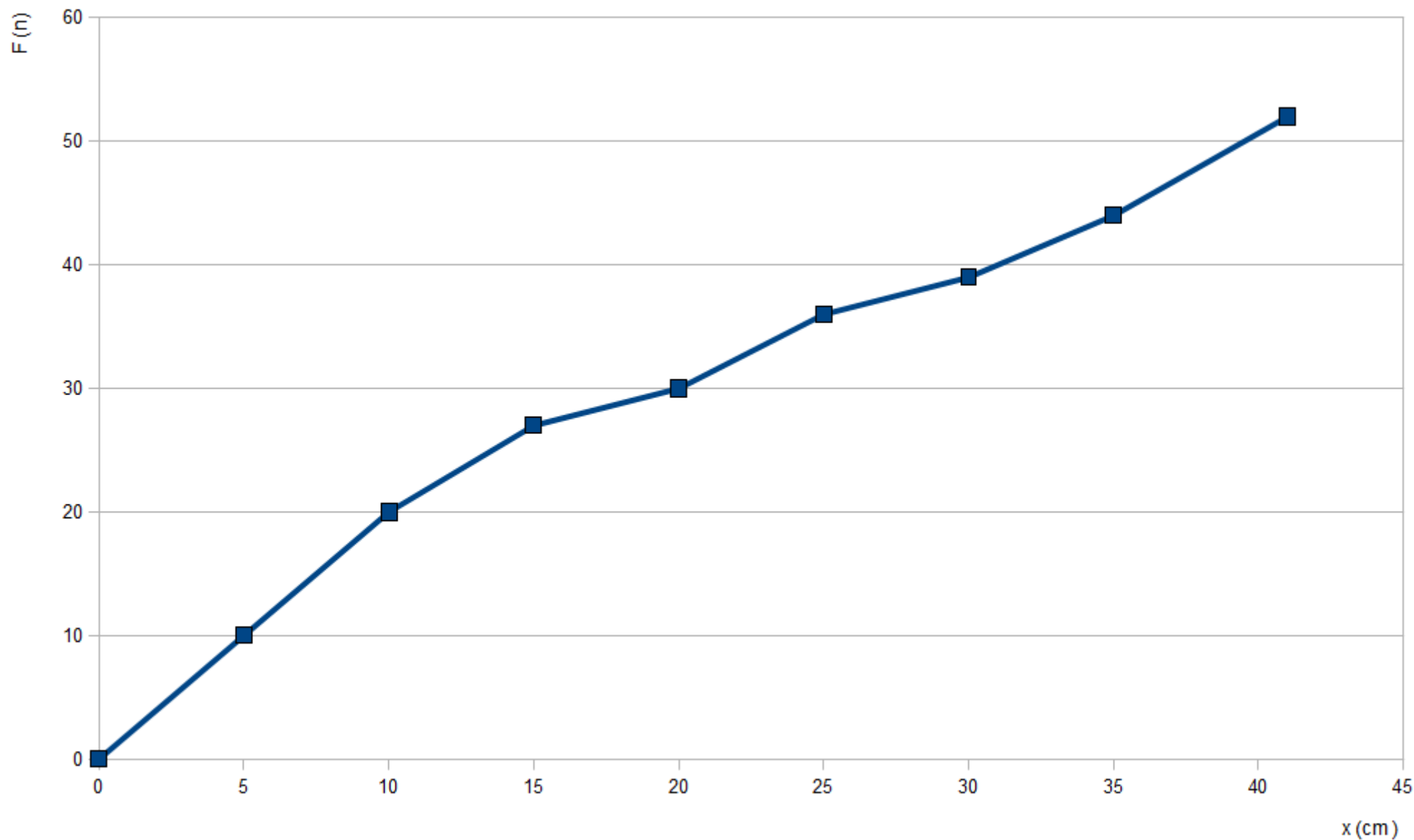


Základním cílem pro mě bylo zjistit základní parametry praku. Prvním z nich bylo změření práce nutné k napnutí praku. Na pažbě praku jsem vyznačil první polohu napínacího kroužku v okamžiku, kdy guma není napnuta. Poté jsem pomocí pravítka vyznačil dílky po 5 cm až ke spoušti. Za napínací kroužek jsem uchytil siloměr a měřil sílu nutnou k napnutí praku k jednotlivým značkám. Změřené hodnoty jsou uvedené v tabulce:

x [cm]	0	5	10	15	20	25	30	35	41
F [N]	0	10	20	27	30	36	39	44	52

Je vidět, že síla není ani konstantní ani přímo úměrná na natažení jako u pružiny. Jedinou možností výpočtu je numerická integrace: v každém úseku natažení spočítáme průměrnou hodnotu síly a vynásobíme délkou úseku. Takto spočítáme práci v jednotlivých úsecích a na závěr ji sečteme.

Tímto způsobem lze určit, že pro natažení praku je nutná práce 12 J.



Dalším problémem bylo určení rychlosti míčku při výstřelu - „úst'ová rychlost“. Prax jsem umístil do okna studovny a pomocí vodováhy nasměroval tak, aby střílel vodorovným směrem. Díky spolupráci kolegy jsem změřil, jak daleko od okna tenisové míčky dopadají. Při 4 testovacích střelách byl rozptyl dopadu $\pm 0,4$ m (pro výpočet jsem použil střední hodnotu). Změřené hodnoty jsem dosadil do vztahů pro vodorovný vrh (bez odporu vzduchu).

Změřené hodnoty: výška nad terénem $y = 5,4$ m
 délka dostřelu $x = 11,6$ m

Z těchto parametrů vychází úst'ová rychlost 11 m/s.

Prvním zajímavým výsledkem je možnost výpočtu účinnosti praku. Připomínám, že k jeho napnutí je nutná práce 12 J. Tenisový míček má podle normy hmotnost 57 g a úst'ovou rychlost 11 m/s. To dává kinetickou energii 3,4 J.

Účinnost praku je tedy asi 28 %. Ztráty kolem 2/3 vykonané práce jsou způsobeny hlavně tím, že se při výstřelu dává do pohybu nejenom míček, ale také samotná guma.

Je to jeden z mála mechanických systémů, u kterých jsem schopen určit účinnost.

Další z úloh, která lze z naměřených parametrů vytvořit, je dostřel praku. Známe úst'ovou rychlost a předpokládáme výstřel pod úhlem 45° .

Pro naměřené hodnoty vychází dostřel cca 12 metrů. Výpočet jsme ověřili experimentem. Prak jsme umístili na školním dvoře, náměr výstřelu jsme zajistili pomocí trojúhelníku z dřevěných lišt. Pomocí pásma jsme odměřili 12 metrů a vyznačili místo předpokládáného dopadu.

Při prvním pokusu dopadnul míček cca 0,5 metru za vyznačený bod. Pak nám ale došlo, že prak nevystřeluje míček z úrovně terénu, ale o cca 0,5 metru výš. Takže jsme do vzdálenosti 12 metrů umístili židli. Po výstřelu míček dopadnul na sedák židle.

Je zajímavé, že u těchto pokusů nemusíme započítávat odpor vzduchu.

Motivací k dalším experimentům byly náměty Dr. Horvátha z bratislavského MatFyzu. Fotografie jsou vyříznuty z videa.

1. Skládání pohybu stejného směru

Prak opřu o řídítka byciklu a vystřelím ve vodorovném směru. Křídou vyznačím místo, kam míček dopadnul.



Poté nabiju prak, opřu o řídítka a rozjedu se. Z praku vystřelím v okamžiku, když projíždím místem, odkud jsem střílel v klidu.

Rychlost míčku vůči praku je 11 m/s, rychlost byciklu vůči zemi je cca 5 m/s. Vodorovný dostřel z výšky řídítek se proto zvětší z 5 metrů na 7 metrů, což je velmi dobře pozorovatelné.



2. Skládání pohybu v kolmém směru

Prak opřu o řídítka kolmo ke směru jízdy a rozjedu se.

Vystřelím v okamžiku, kdy přežiji čáru nakreslenou napříč cestou (v tomto případě stín sloupu). Prak střílí kolmo ke směru jízdy, míček ale vyletí pod úhlem určeným úst'ovou rychlostí praku a rychlostí kola.

V tomto případě je odchylna míčku od kolmého směru asi 20° .



3. Šikmý vrh

Poslední z experimentů modeluje šikmý vrh. Prák držím ve svislé poloze a za jízdy vystřelím. Pokud se mi podaří držet prák svisle a udržovat stálou rychlost, dopadne vystřelený míček zpět na mě. Krásně takto demonstrujeme fakt, že šikmý vrh lze popsat jako složení svislého vrhu a rovnoměrného pohybu ve svislém směru.

