



# Určení rychlosti diabolky ze zákona zachování hybnosti

## Pomůcky

Vozík Vernier GDX-CART (vzorový experiment byl proveden s tyrkysovým vozíkem, proto je za některými popisky zkratka TYR), vzduchovka na diabolky, plastový kelímeček, modelína, váhy (citlivost 0,1 g).



## Teorie

Pokud vystřelíme diabolku o hmotnosti  $m_1$  rychlostí  $v_1$ , její hybnost bude  $p_1 = m_1 \cdot v_1$ . Při zachycení diabolky do modelíny umístěné na vozíku dojde k tzv. nepružné srážce (diabolka se neodrazí). Naložený vozík o hmotnosti  $m_2$  se dá do pohybu rychlostí  $v_2$  s hybností  $p_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_2$ . Ze zákona zachování hybnosti plyne rovnost  $p_1 = p_2$ , odkud lze určit rychlost diabolky  $v_1 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v_2}{m_1}$ . K výpočtu je tedy potřeba znát rychlost vozíku těsně po výstřelu a také hmotnost naloženého vozíku i diabolky.


## Příprava vozíku a lapače diabolek

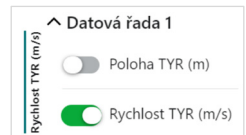
K zachycení diabolky použijte plastový kelímeček naplněný modelínou (tloušťka vrstvy aspoň 5 cm). Tento lapač diabolku spolehlivě zastaví a je možné využívat jej opakovaně.

Vozíky Vernier se obvykle používají na kovové dráze TRACK. Aby při odložení z dráhy na stůl nechtěně nepojížděly a nespadly, jsou na spodní straně vybaveny odnímatelnou gumovou brzdou (obrázek vpravo). Brzda nebrání v pohybu po dráze TRACK, ale při experimentování na stole je třeba ji mírným tahem vyjmout. Po skončení experimentu ji zase vtlačte na místo.



## Příprava měření

1. Spustíte aplikaci Graphical Analysis a připojíte vozík ([návod](#)).
2. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrdíte tlačítkem *HOTOVO*.
3. Klikněte na tlačítko  vpravo nahoře a vyberte *1 graf*.
4. Nakonec klikněte na popisek svislé osy, zrušte zaškrtnutí u položky *Poloha TYR* a zaškrtněte položku *Rychlost TYR*.



## Provedení experimentu

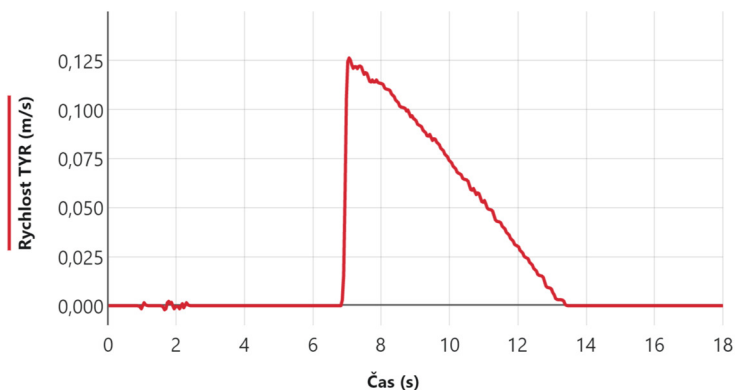
1. Zvažte dohromady vozík s lapačem a zvlášť diabolku. Obě hmotnosti si zapište.
2. Lapač umístěte na vozík (ten se po výstřelu rozjede ve směru šipky +X). Zapřením lapače o nízkou vnitřní stěnu vozíku zamezíte nežádoucímu vzájemnému pohybu.
3. Nabijte zbraň a tlačítkem *ZAHÁJIT MĚŘENÍ* spustíte záznam dat.

- Zamiřte z bezprostřední blízkosti do lapače. Hlaveň přitom držte **rovnoběžně** s deskou stolu (jako na obrázku).
- Zmáčkněte spoušť a následně tlačítkem **ZASTAVIT** ukončete probíhající měření.
- Ze získaného grafu odečtete maximální velikost rychlosti těsně po zásahu.



### Ukázka naměřených dat

Vozík se rozjel v čase přibližně 7 s, jeho rychlost byla kladná a postupně klesala k nule, jak vozík kvůli tření zastavoval. Maximální rychlost těsně po zásahu byla 0,126 m/s.



### Závěr

Ve vzorovém experimentu byly naměřeny následující hodnoty:  $m_1 = 1 \text{ g}$ ,  $m_2 = 517 \text{ g}$ ,  $v_2 = 0,126 \text{ m/s}$ . Odtud lze rychlost diabolky spočítat následujícím způsobem:

$$v_1 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot v_2}{m_1} = \frac{(1 + 517) \cdot 0,126 \text{ m}}{1 \text{ s}} \doteq 65 \frac{\text{m}}{\text{s}} \doteq 230 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

### Poznámky

- Při experimentu je třeba dbát na bezpečnost. Se zbraní vždy zacházejte tak, jako kdyby byla nabitá a **nikdy neměřte do prostoru, kde jsou lidé**. Nedotýkejte se spouště, dokud není zbraň namířena proti lapači.
- Pro různé typy zbraní a různé diabolky můžete naměřit značně rozdílné rychlosti, běžně se pohybují zhruba mezi 50 m/s a 150 m/s.