

Měření rychlosti diaboly

Teorie: Veliká rychlost vystřelené diaboly se dá změřit pomocí dvou kotoučů s vyznačenými úhly, otáčejících se s velkou frekvencí.

Frekvence otáčení necht' je f ($[f]=\text{min}^{-1}$). Potom velikost úhlové rychlosti kotoučů se dá vyjádřit jako $\omega = 360^\circ \cdot f$, $[\omega] = ^\circ \cdot \text{min}^{-1}$. Čas t ($[t]=\text{min}$), za který se kotouče otočí o úhel

$$\Delta\varphi, [\Delta\varphi] = ^\circ \text{ se vyjádří z rovnice } \omega = \frac{\Delta\varphi}{t} \Rightarrow t = \frac{\Delta\varphi}{\omega}$$

Poslední veličina, kterou musíme znát je vzdálenost rotujících kotoučů. Ta necht' je d ($[d]=\text{m}$). Tuto vzdálenost urazí diabolka rovnoměrným přímočarým pohybem rychlosti v

($[v]=\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) za dobu τ , $[\tau] = \text{min}$, $\tau = \frac{d}{v}$. Pohyb diaboly vystřelené ze vzduchové pistole

samozřejmě není ve skutečnosti rovnoměrný a přímočarý. Na diabolou působí během letu odporová síla vzduchu a tíhová síla Země. Tyto síly však můžeme vzhledem k veliké rychlosti diaboly a krátké vzdálenosti, na které měříme její rychlost, zanedbat.

Necht' kotouče rotují se stejnou frekvencí a necht' je jejich „fázový rozdíl“ (rozdíl vyznačených úhlů na stejné úrovni) roven $\Delta\Phi$. Je-li pak úhel naměřený na prvním kotouči v klidu, roven Ψ , potom k němu odpovídající úhel na druhém kotouči v klidu bude $\Psi + \Delta\Phi$. Roztočíme kotouče frekvencí f a vystřelíme diabolku. Proražením prvního kotouče na něm diabolka vyznačí úhel β_1 a po uražení vzdálenosti d vyznačí na druhém kotouči úhel β_2 . Vzhledem ke korekci uvedené výše musíme ještě spočítat úhel $(\beta_2 - \Delta\Phi)$. Potom bude platit:

$$\Delta\varphi = |\beta_2 - \Delta\Phi - \beta_1|$$

Dále zřejmě platí:

$$\tau = t \text{ a tedy } \frac{\Delta\varphi}{\omega} = \frac{d}{v} \Rightarrow v = \frac{d \cdot \omega}{\Delta\varphi} = \frac{d \cdot 360^\circ \cdot f}{\Delta\varphi}$$

Pomůcky: 2 stejné papírové kotouče s vyznačenými úhlovými stupni, elektromotor s možností regulace a zjištění velikosti frekvence otáčení, příchyty kotoučů, vzduchová puška, 2 diabolky

Provedení pokusu:

- 1) Zjistíme „fázový rozdíl“ kotoučů tak, že vystřelíme diabolku do kotoučů v klidu; odečteme úhly, které vyznačila na prvním (α_1) a na druhém (α_2) kotouči. $\Delta\Phi$ bude potom rovno $(\alpha_2 - \alpha_1)$.
- 2) Zahradíme díry z předchozího výstřelu a roztočíme kotouče na dostatečně velkou frekvenci f , tu odečteme z přístroje.
- 3) Vystřelíme další diabolku do rotujících kotoučů, odečteme úhly na prvním (β_1) a na druhém (β_2) kotouči.
- 4) Vypočítáme rychlost diabolky užitím uvedených vztahů.

Pozn. „Dostatečně velká frekvence“ ná zajistí, že se druhý kotouč neotočí více než o 360° před tím, než k němu dorazí diabolka od prvního kotouče. Rychlost otáčení musí být zhruba úměrná předpokládané rychlosti diaboly.

Výpočet:

Zadané hodnoty: $f = 1775 \text{ min}^{-1}$
 $d = 0,4 \text{ m}$

Změřené hodnoty: $\alpha_1 = 4^\circ$
 $\alpha_2 = 15^\circ$
 $\Rightarrow \Delta\Phi = 11^\circ$
 $\beta_1 = 196^\circ$
 $\beta_2 = 186^\circ$
 $\Rightarrow \Delta\Phi = |186 - 196 - 11| = 21^\circ$

Rychlost diaboly $v = \frac{360df}{\Delta\varphi} = \frac{0,4 \cdot 360 \cdot 1775}{21} \approx 12171,4 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} = \mathbf{203 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$

Závěr: Rychlost diaboly nám vyšla $203 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Výsledek je zkreslený zanedbáním vnějších sil působících na diabolu a zaokrouhlováním, ne však nijak zásadně.