



Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky
Úlohy krajského kola 57. ročníku FO
kategorie C

1. Střelba z malorážky

Sportovní malorážka má hmotnost $m_1 = 7,4$ kg a hlaveň dlouhou $s_1 = 670$ mm. Těžiště malorážky leží v ose hlavně. Střely mají hmotnost $m_2 = 5,3$ g, průměr $d = 5,6$ mm a tvar zaobleného válce. Díky rýhování hlavně se střela během pohybu v hlavni otočí $3\times$ kolem své osy a hlaveň opouští rychlostí $v = 270$ m \cdot s⁻¹. Terč je ve vzdálenosti $s = 50$ m a jeho střed leží na stejné vodorovné přímce jako ústí hlavně. Odpor vzduchu zanedbejte. Určete:

- velikost síly F , jakou puška působí na rameno střelce při zpětném rázu,
- vzdálenost Δh , o kterou mine střelec střed terče, bude-li mířit přesně vodorovným směrem,
- náměrný úhel α , pod kterým musí být hlaveň nakloněna, aby střelec zasáhl střed terče (ústí hlavně zůstává ve stejné vodorovné rovině, jako střed terče),
- poměr kinetické energie posuvného a kinetické energie rotačního pohybu střely v okamžiku, kdy střela opouští hlaveň. Moment setrvačnosti střely vzhledem k její rotační ose je $J = 0,43mr^2$.

Počáteční rychlost střely byla měřena balistickým kyvadlem tak, že z pušky bylo zblízka vystřeleno vodorovným směrem do krabice s pískem o hmotnosti $M = 1,50$ kg, zavěšené na vlákně délky $l = 3,5$ m. Střela v krabici zůstane.

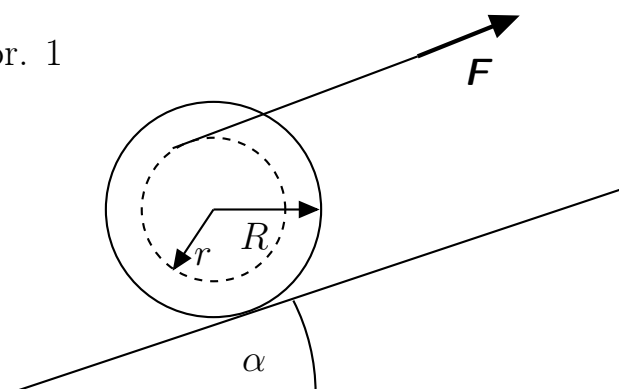
- O jaký úhel φ se kyvadlo odchýlilo od svislého směru?

2. Dělník a cívka

Dělník táhne cívku s kabelem rovnoměrným pohybem do mírného svahu s úhlem sklonu $\alpha = 10^\circ$ tak, že se kabel současně odvíjí (obr. 1). Hmotnost cívky je $m = 150$ kg, její vnější poloměr $R = 70$ cm, vnitřní poloměr $r = 40$ cm považujeme za stálý. Jedno otočení celé cívky trvá dobu $t = 5,0$ s. Určete:

- velikost rychlosti dělníka v ,
- velikost potřebné síly F ,
- jeho okamžitý užitečný výkon P .

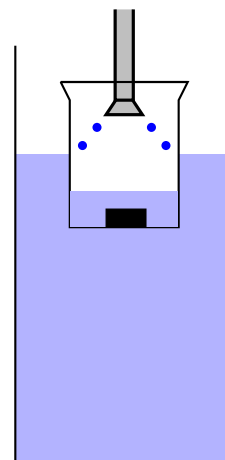
Obr. 1



3. Potápění kádinky

V nádobě tvaru válce o vnitřním průměru $D = 10,0$ cm je nalita voda do výšky $h_1 = 20,0$ cm. Do nádoby s vodou vložíme závažím zatíženou kádinku o vnějším průměru $d = 6,0$ cm a o celkové hmotnosti $m = 150$ g.

- Do jaké hloubky h_2 se ponoří kádinka a do jaké výšky h_3 bude sahat voda ve válcové nádobě? Hustota vody $\rho_v = 1\,000$ kg \cdot m⁻³.
- Do kádinky budeme ze zanedbatelné výšky pomocí rozprašovače přidávat každou sekundou $\Delta m = 10,0$ g vody (obr. 2). Jakou rychlostí v se bude kádinka pohybovat vzhledem ke dnu nádoby?
- Jakou dobu t bude trvat, než se kádinka zcela potopí, je-li její výška $h_4 = 10,0$ cm?



Obr. 2

Řešte nejprve obecně, pak pro zadané hodnoty.

4. Kruhový děj s ideálním plynem

Dvouatomový ideální plyn o látkovém množství n , počáteční teplotě T_1 a tlaku V_1 prošel následujícím kruhovým dějem:

- 1 – 2: Při izobarické expanzi se původní objem zdvojnásobil.
- 2 – 3: Při izotermické expanzi klesl tlak na polovinu původní hodnoty.
- 3 – 4: Izobarickou kompresí se objem plynu snížil na původní hodnotu V_1 .
- 4 – 1: Izochorickým dějem se plyn vrátil do původního stavu.

- Nakreslete děj do pV diagramu.
- Určete hodnotu počátečního tlaku p_1 a maximální a minimální teploty T_{\max} a T_{\min} během kruhového děje.
- Vypočtěte účinnost η_1 tohoto kruhového děje.
- Vypočtěte účinnost η_2 téhož kruhového děje v případě, že plyn je ideální a jednoatomový.
- Účinnosti η_1 a η_2 porovnejte a výsledek fyzikálně zdůvodněte.

Řešte obecně, potom pro hodnoty: $n = 1,00$ mol, $T_1 = 300$ K, $V_1 = 1,00$ dm³.

Molární tepelné kapacity jsou pro dvouatomový plyn $C_p = \frac{7R}{2}$, $C_V = \frac{5R}{2}$, pro jednoatomový plyn $C_p = \frac{5R}{2}$, $C_V = \frac{3R}{2}$, práci plynu při izotermickém ději vypočteme

ze vztahu: $W' = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$, $R = 8,31$ J \cdot K⁻¹ \cdot mol⁻¹.