



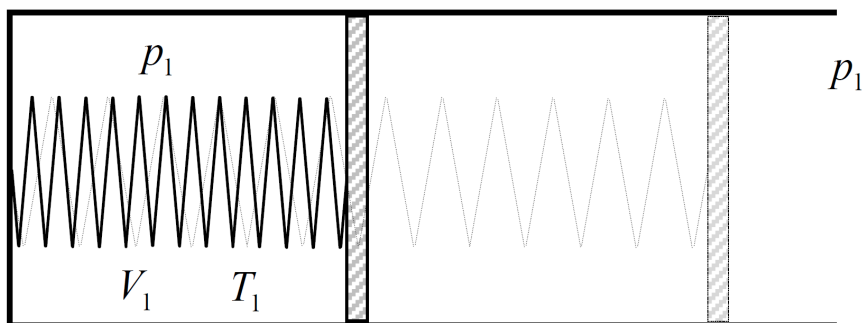
Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky
Úlohy krajského kola 67. ročníku FO
kategorie B

Není-li uvedeno jinak, v úlohách uvažujte velikost tíhové zrychlení $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Plyn ve válci s pístem a pružinou

Válec obsahuje píst, který je spojen pružinou s protilehlým dnem. Ve válci se nachází plyn s dvouatomovými molekulami, Poissonova konstanta plynu je $\kappa = 1,40$. V počátečním stavu je tlak plynu $p_1 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ roven okolnímu atmosférickému tlaku, objem plynu je $V_1 = 1,00 \text{ dm}^3$ a teplota plynu $T_1 = 293 \text{ K}$. Nejprve plyn začneme zahřívat a píst se dá do pohybu. Při dosažení teploty $T_2 = 913 \text{ K}$ píst zablokujeme. Při zablokovaném pístu plyn ochladíme na teplotu $T_3 = 200 \text{ K}$. Nakonec uvolníme píst a plyn se adiabaticky vrátí do původního stavu. Plošný obsah pístu je $S = 0,85 \text{ dm}^2$. Objem materiálu pružiny je zanedbatelný.

- Určete obecně i číselně objem V_2 a tlak p_2 v okamžiku zablokování pístu a tlak p_3 v okamžiku uvolnění pístu.
- Sestrojte p - V diagram popsaneho kruhového děje pro dané číselné hodnoty (pro sestavení adiabaty spočítejte souřadnice alespoň 3 vnitřních bodů).
- Z grafu určete energii E_p napnuté pružiny a z ní její tuhost k .



Obr. 1

2. Vozíky na nakloněné rovině

Vozík se rozjíždí po nakloněné rovině z klidu se zrychlením $a = g/6$ a narazí na vozík stejné hmotnosti ležící převrácený s kolečky nahoře níže na nakloněné rovině. Nárazem se oba vozíky spojí a soustava obou vozíků pokračuje v pohybu do zastavení. Brzdná dráha soustavy je stejná jako rozjezdová dráha horního vozíku.

- Určete součinitel f smykového tření mezi převráceným vozíkem a nakloněnou rovinou.
- Určete poměr $\frac{E_1}{E_2}$, kde E_1 je přírůstek vnitřní energie způsobený nárazem a E_2 je přírůstek vnitřní energie způsobený třením.
- Nyní použijeme tři stejné vozíky. Před dvojicí vozíků na kolečkách umístíme převrácený vozík s kolečky nahoře. Určete velikost a_1 zrychlení, s nímž se bude soustava tří vozíků pohybovat.

Odpor vzduchu zanedbejte. Při řešení využijte vztah: $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$.

3. Baterie elektromobilu

Baterie elektromobilu Tesla Model S má konfiguraci 96S86P. To znamená, že v sérii je zapojených 96 „bricků“ a každý brick se skládá z 86 paralelně zapojených článků. Elektromotorické napětí každého článku je $U_{e1} = 3,6 \text{ V}$, uložený náboj (někdy nepřesně nazývaný „kapacita“) je $Q_1 = 3,4 \text{ Ah}$ a vnitřní odpor $R_{i1} = 30 \text{ m}\Omega$.

- a) Určete elektromotorické napětí baterie, vnitřní odpor a celkovou energii uloženou v plně nabité baterii (v kWh).

V dalším řešení již pracujte s hodnotami elektromotorického napětí U_e celé baterie a vnitřního odporu R_i celé baterie vypočtenými v části a) a zaokrouhlenými na 2 platné cifry.

- b) Při jízdě konstantní rychlostí je elektrický výkon odebíraný z baterie $P_1 = 25 \text{ kW}$. Vypočtěte celkový proud, který musí dodat baterie, a proud jedním článkem. Uvažujte takové řešení, které odpovídá běžnému provozu trakčního akumulátoru, tedy takové, při kterém je svorkové napětí baterie vyšší.
- c) Při prudké akceleraci roste elektrický výkon odebíraný z baterie na hodnotu $P_2 = 350 \text{ kW}$. Vypočtěte proud, který musí dodat baterie, a proud jedním článkem.
- d) Vypočtěte Jouleovo teplo, které se uvolní v baterii za jednu sekundu při výkonu $P_1 = 25 \text{ kW}$ a při výkonu $P_2 = 350 \text{ kW}$.

Uvažujte, že všechny články jsou stejné, proud v paralelní skupině se dělí rovnoměrně. Vnitřní odpor je nezávislý na proudu, teplotě i stavu nabití. Zanedbejte ztráty mimo akumulátor (invertor, motor, kabeláž mimo akumulátor apod.).

4. Dvě kuličky a pružina

Lehká pružina stojí na vodorovné podložce a na jejím konci je připevněna kulička (viz obrázek vlevo). Z výšky h nad kuličkou pustíme druhou stejnou kuličku. Po dokonale pružném středovém rázu se kuličky znovu srazí, když je dolní kulička právě v nejnižší poloze.

a) Jaká doba τ uplyne mezi prvními dvěma nárazy kuliček?

Stejná pružina s kuličkou na konci leží na vodorovné podložce. Po nakloněné rovině z výšky h spustíme druhou stejnou kuličku (viz obrázek vpravo).

b) Jaká doba τ_1 uplyne mezi prvními dvěma dokonale pružnými středovými nárazy kuliček?

c) Určete velikost rychlosti, kterou kulička v klidu nárazem získá, a největší vzdálenost, ve které se zastaví.

Řešte nejprve obecně, pak pro $h = 10$ cm. Tření a odpor vzduchu zanedbejte.

