Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy regionálního kola 43. ročníku FO kategorie A

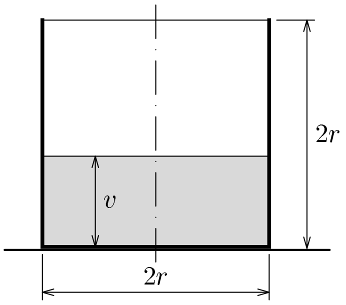
Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9{,}81\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

1. Plechová nádobka o hmotnosti $m = 75$ g má tvar válce o poloměru $r = 4$ cm a výšce $2r$. Stojí na vodorovné rovině (obr. 1).

a) Určete výšku y_n těžiště prázdné nádobky. Tloušťku plechu považujte za konstantní a zanedbatelnou ve srovnání s poloměrem nádobky.

b) Do nádobky začneme postupně přilévat vodu o hustotě $\varrho = 1000\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$. Tím se bude měnit poloha těžiště soustavy. Vyjádřete závislost výšky y_t těžiště soustavy na výšce v hladiny v nádobce.

c) Určete výšku hladiny, při které bude výška těžiště soustavy minimální. Jaká bude tato minimální výška těžiště soustavy?



Obr. 1

Řešte obecně a pro dané hodnoty.

2. Tenkou vodorovnou desku rozkmitáme pomocí zvuku o frekvenci f ve svislém směru. Kmity jsou harmonické, jejich amplituda je A. Na desce jsou rozsypána zrníčka písku, která při kmitání desky nadskakují a nepružně dopadají zpět na desku. Odpor vzduchu je zanedbatelný.

a) Jakou podmínku musí splňovat amplituda a frekvence kmitů, aby k nadskakování vůbec došlo?

b) Jaká je okamžitá výchylka a okamžitá rychlost desky v okamžiku, kdy zrníčko opouští desku?

c) Do jaké výšky h nad rovnovážnou polohu desky zrníčko vystoupí?

d) Při experimentu byla použita frekvence $f = 50$ Hz. Přitom bylo naměřeno $h = 2{,}0$ mm. Určete amplitudu kmitů A. Potom dopočítejte úlohu b) pro dané hodnoty.

3. Malý předmět umístíme do blízkosti optické osy tenké spojky o ohniskové vzdálenosti $f = 50$ mm do vzdálenosti $a = 2f = 100$ mm od středu čočky.

a) Určete polohu a vlastnosti obrazu vytvořeného čočkou.

b) Jak se změní poloha obrazu a jeho příčné zvětšení, vložíme-li mezi předmět a čočku kolmo k optické ose skleněnou planparalelní desku, která má tloušťku $d = 30$ mm a index lomu $n = 1{,}5$?

c) Jak se změní poloha a vlastnosti obrazu vzhledem k úloze a), jestliže desku umístíme mezi čočku a obraz?

Průměr čočky a rozměry předmětu jsou malé v porovnání s ohniskovou vzdáleností čočky. Světelné paprsky tedy svírají s optickou osou jen malé úhly, pro které platí $\operatorname{tg}\alpha \approx \alpha \approx \sin\alpha$.

4. Elektromagnet na obr. 2 sestává z ocelového jádra ve tvaru anuloidu rozděleného na dvě poloviny (které se dokonale dotýkají) a ze dvou cívek. Jedna má $z_a = 160$ závitů a elektrický odpor $R_a = 2{,}40\ \Omega$, druhá je vinuta ze stejného drátu a má $z_b = 240$ závitů. Cívky jsou zapojeny do série a připojeny ke zdroji o konstantním napětí $U = 6{,}00$ V. V závislosti na propojení cívek je v jednom případě zapotřebí k odtržení obou polovin jádra od sebe síla $F_1 = 518$ N, ve druhém případě síla $F_2 = 63{,}5$ N. Jádro má střední poloměr $r_0 = 100$ mm a kruhový průřez o poloměru $r = 12{,}0$ mm.

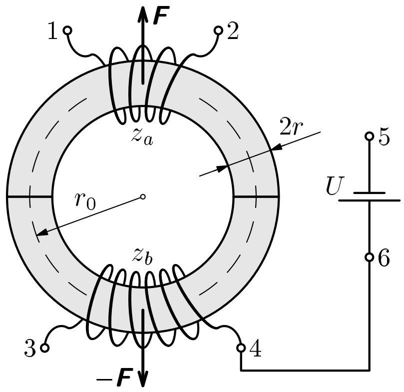
a) Na základě úvahy rozhodněte o spojení nezapojených vývodů cívek v prvním a druhém případě.

b) Vypočtěte velikost relativní permeability oceli μ_{r1}, μ_{r2} v uvažovaných případech.

c) Vypočtěte energii magnetického pole elektromagnetu v uvažovaných případech.

Permeabilita vakua je

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{H \cdot m^{-1}}.$$



Obr. 2