Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

Teoretické úlohy celostátního kola 51. ročníku FO

Pelhřimov 2010

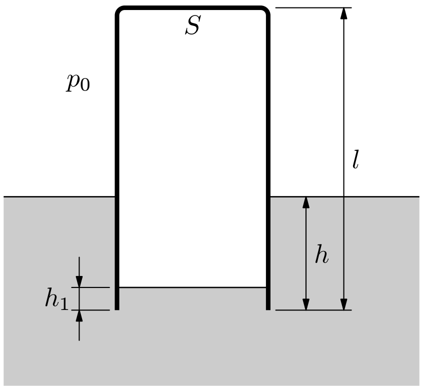
Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9{,}81\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

1. Zasouvání nádobky pod hladinu

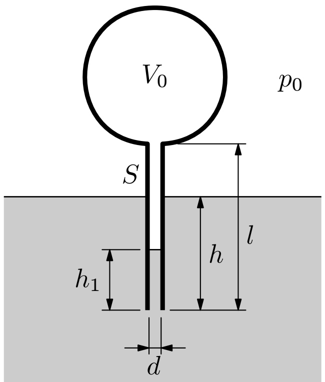
a) Do nádoby s vodou pomalu zasouváme válcovou nádobku obrácenou dnem vzhůru (obr. 1). Dno nádobky má obsah S, výška l nádobky je mnohem menší než výška H vodního sloupce, který by vyvolal hydrostatický tlak rovný barometrickému tlaku p_0. Na počátku se nádobka dotkne hladiny a klesá až do hloubky $h = l$. Dokažte, že výška h_1, do které vystoupí hladina vody uvnitř nádobky nad její okraj, je přibližně přímo úměrná hloubce h okraje nádobky pod okolní hladinou, a určete konstantu úměrnosti k_1.

b) Stejný pokus provedeme s baňkou s úzkým válcovým hrdlem délky $l \ll H$ a vnitřním průřezem o obsahu S (obr. 2). Objem baňky i s hrdlem je V_0. Dokažte, že i v tomto případě je výška h_1 přibližně přímo úměrná hloubce h, a určete konstantu úměrnosti k_2. Jaký musí být průměr d hrdla při daném objemu V_0, aby platilo $h_1 \approx h/2$?

Úlohu řešte obecně a pak úlohu a) pro hodnoty $p_0 = 1{,}00 \cdot 10^5$ Pa, $S = 50\ \mathrm{cm}^2$, $l = 20$ cm, úlohu b) pro hodnoty $p_0 = 1{,}00 \cdot 10^5$ Pa, $l = 20$ cm, $V_0 = 1{,}00\ \mathrm{dm}^3$. Hustota vody $\varrho = 998\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, vliv vodních par v nádobách zanedbejte.



Obr. 1



Obr. 2

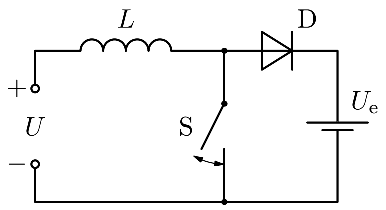
2. Nabíjení akumulátoru ze zdroje o menším napětí

K nabíjení akumulátoru o elektromotorickém napětí $U_e = 12{,}0$ V ze zdroje o svorkovém napětí $U = 5{,}0$ V a zanedbatelném vnitřním odporu použijeme obvod podle obr. 3 sestavený z cívky o indukčnosti $L = 1{,}0$ H, diody D a přerušovače S, který se periodicky zapíná a vypíná ve stejných časových intervalech $\tau_1 = \tau_2 = 0{,}010$ s.

a) Určete a graficky znázorněte, jak se bude v závislosti na čase měnit proud procházející cívkou.

b) Určete střední hodnotu proudu nabíjejícího akumulátor.

Cívku a diodu považujte za ideální, vnitřní odpor akumulátoru zanedbejte.



Obr. 3

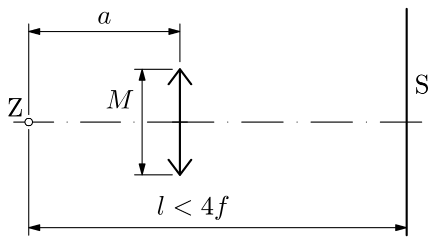
3. Skvrna

Bodový zdroj světla Z se nachází ve vzdálenosti l od stínítka S. Mezi zdroj a stínítko umístíme podle obr. 4 tenkou spojku o ohniskové vzdálenosti $f > l/4$ a průměru M.

a) Zdůvodněte, proč na stínítku nemůže vzniknout ostrý obraz zdroje.

b) Jaká musí být vzdálenost a čočky od zdroje, aby průměr m světelné skvrny na stínítku byl co nejmenší? Určete jeho velikost.

Sférickou vadu čočky zanedbáváme.



Obr. 4

4. Přistávání stíhačky

Stíhačka o hmotnosti $m = 6\,500$ kg přistává na vodorovné letištní ploše a dosedá na ni rychlostí $v_0 = 180$ km/h.

a) V okamžiku dotyku s přistávací plochou pilot aktivuje brzdy, které na letoun působí silou o konstantní velikosti $F_0 = 9{,}0$ kN. Vypočtěte délku přistávací dráhy s_0, zanedbáte-li aerodynamické odporové síly.

b) Má-li stíhačka přistát na letišti s krátkou přistávací dráhou, musí pilot při dotyku s letištní plochou kromě aktivace brzd podle bodu a) vystřelit 3 přistávací padáky. Pak je velikost celkové brzdící síly

$$F = F_0 + Av^2,$$

kde $A = 25\ \mathrm{kg \cdot m^{-1}}$. Vypočtěte velikost a_1 zpomalení letounu v počátečním okamžiku přistávání. Výsledek vyjádřete jako násobek tíhového zrychlení.

c) Odvoďte funkční závislost $v = v(x)$ rychlosti stíhačky podle bodu b) na vzdálenosti x od místa dosednutí na letištní plochu.

d) Vypočtěte délku přistávací dráhy s_1 při použití přistávacího padáku.

e) Jaký průměr musí mít každý ze tří stejných padáků ve tvaru duté polokoule, aby konstanta A měla uvedenou velikost? (Součinitel odporu $C = 1{,}4$, hustota vzduchu $\varrho = 1{,}3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.)