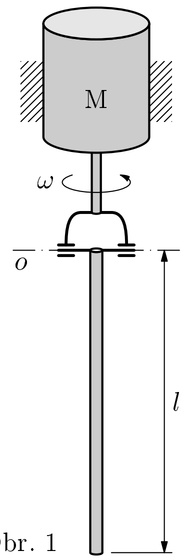
Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

Teoretické úlohy celostátního kola 47. ročníku FO

Plzeň 2006

1. Rotující soustava

Motor je upevněn ve svislé poloze. K dolnímu konci hřídele je otáčivě upevněn konec tyče délky l a zanedbatelného průřezu tak, že se tyč může otáčet okolo vodorovné osy o (obr. 1). Rotor motoru se začne otáčet spolu s osou o a jeho úhlová rychlost se bude velmi pomalu zvětšovat.



Obr. 1

a) Vysvětlete, proč v reálném zařízení po překročení určité kritické úhlové rychlosti ω_0 se tyč vychýlí ze svislé polohy.

b) Určete, jak bude odchylka obíhající tyče od svislého směru záviset na úhlové rychlosti rotoru.

c) Sestrojte graf této závislosti, jestliže $l = 0{,}50$ m. Při jaké úhlové rychlosti dosáhne odchylka tyče od svislého směru hodnoty 60°?

Počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$. Vliv okolního vzduchu zanedbejte.

2. Družice

Družice Země o hmotnosti $m = 150$ kg byla navedena na kruhovou oběžnou dráhu o poloměru $R = 6{,}70 \cdot 10^3$ km.

a) Jaká je její rychlost a oběžná doba?

b) Jaká je celková mechanická energie družice? (Potenciální energii v nekonečné vzdálenosti bereme jako nulovou.)

c) Jak se změní poloměr trajektorie a rychlost družice během jednoho oběhu, působí-li na ni horní vrstvy atmosféry odporovou silou o velikosti $F = 7{,}50 \cdot 10^{-3}$ N?

Úlohu řešte nejprve obecně, pak pro dané číselné hodnoty. Hmotnost Země $M = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg, gravitační konstanta $\varkappa = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.

3. Periodické dobíjení kondenzátoru

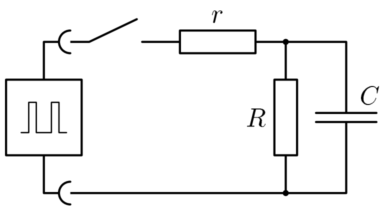
Elektrický obvod je tvořen zdrojem obdélníkových impulzů, spínačem, dvěma rezistory o odporech r a R a kondenzátorem o kapacitě C (obr. 2). Obdélníkové impulzy mají amplitudu U_0, dobu trvání τ a periodu T (obr. 3). Vnitřní odpor zdroje je zanedbatelný. (To mj. znamená, že pokud je svorkové napětí zdroje nulové, chová se zdroj jako zkrat.)

Sepneme-li spínač, bude po delší době napětí na kondenzátoru kolísat okolo stálé průměrné hodnoty U_C, přičemž zvlnění ΔU, tj. rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou okamžitého napětí kondenzátoru během jedné periody zdroje, bude mnohem menší než průměrná hodnota U_C.

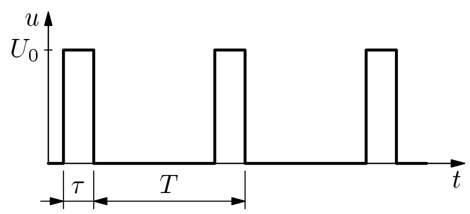
a) Za daných předpokladů stanovte U_C a ΔU.

b) Určete podmínku, kterou musí splňovat veličiny R, r, C, τ a T, aby byl zajištěn předpoklad úlohy že $\Delta U \ll U_C$.

c) Ověřte, že je tato podmínka splněna, jestliže $R = 1{,}00\ \mathrm{M\Omega}$, $r = 220\ \mathrm{k\Omega}$, $C = 1{,}00\ \mu\mathrm{F}$, $\tau = 2{,}0$ ms, $T = 10{,}0$ ms a $U_0 = 5{,}00$ V. Vypočítejte pak číselné hodnoty U_C a ΔU.



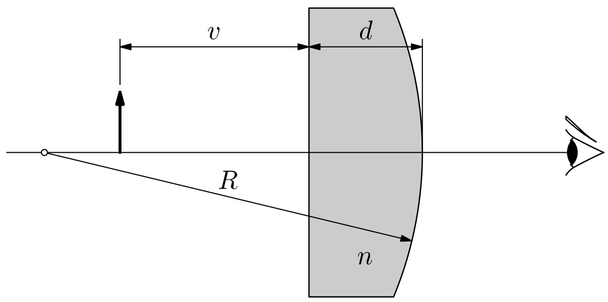
Obr. 2



Obr. 3

4. Lupa

Malý předmět pozorujeme ploskovypuklou lupou o tloušťce $d = 30$ mm vyrobenou ze skla o indexu lomu $n = 1{,}56$. Poloměr kulového rozhraní lupy je $R = -100$ mm, předmět je ve vzdálenosti $v = 50$ mm od rovinného rozhraní lupy (obr. 4). Určete polohu obrazu vytvořeného lupou a jeho příčné zvětšení.



Obr. 4