Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy regionálního kola 40. ročníku FO kategorie A

1. Objektiv je tvořen centrovanou soustavou dvou stejných tenkých spojek o ohniskové vzdálenosti $f_1 = f_2 = 100$ mm. Vzájemná vzdálenost jejich středů je $d = 50$ mm.

a) Předmět umístíme do vzdálenosti $a_1 = 75$ mm od první čočky objektivu. Určete polohu obrazu vytvořeného objektivem a jeho příčné zvětšení.

b) Určete vzdálenost h_1 předmětového ohniska objektivu od první čočky a vzdálenost h_2 obrazového ohniska objektivu od druhé čočky.

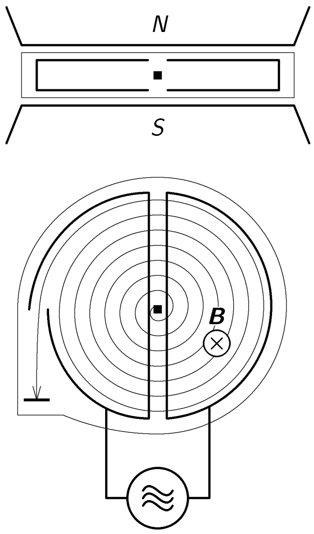
c) Určete ohniskovou vzdálenost objektivu.

2. V klasickém kruhovém urychlovači – cyklotronu – jsou částice urychlovány při průchodech mezerou mezi urychlovacími elektrodami – duanty – připojenými ke zdroji střídavého napětí stálé frekvence (obr. 1). Dosahovaná rychlost a energie částic je omezena, protože v důsledku relativistického růstu hmotnosti částic dochází k zaostávání úhlové dráhy částic za fází urychlovacího napětí.

a) Jakou rychlost může získat částice v cyklotronu, nemá-li relativní zvětšení její hmotnosti $\delta m = \Delta m / m_0$ překročit 1,00 %?

b) Jaká bude při splnění podmínky a) maximální kinetická energie protonů (E_p), deuteronů (E_d) a částic α (E_α)?

c) Vypočtěte potřebnou frekvenci urychlovacího napětí pro protony (f_p), deuterony (f_d) a částice α (f_α), má-li cyklotron magnetické pole o indukci $B = 1{,}41$ T.



Obr. 1

Řešte obecně a pak pro dané hodnoty δm a B.
Potřebné konstanty: $m_\mathrm{p} = 1{,}673 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_\mathrm{d} = 3{,}344 \cdot 10^{-27}$ kg,
$m_\alpha = 6{,}644 \cdot 10^{-27}$ kg, $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C, $c = 2{,}998 \cdot 10^8$ m·s^{-1}.

3. Osobní automobil o hmotnosti $m = 1200$ kg projíždí rychlostí $v = 72$ km/h levotočivou vodorovnou zatáčkou o středním poloměru $R = 25{,}0$ m. Automobil má kola o vnějším poloměru $r = 300$ mm, přičemž celkový moment setrvačnosti všech čtyř kol s rotujícím příslušenstvím je $J = 3{,}80\ \mathrm{kg \cdot m^2}$. Předpokládejte, že těžiště automobilu je ve středu obdélníka, jehož vrcholy jsou středy kol. Rozchod kol (tj. vzdálenost středů kol na jedné nápravě) je $l = 1{,}50$ m. Vypočtěte:

a) velikost M_g gyroskopického momentu automobilu v zatáčce,

b) velikost M_o klopného momentu odstředivých sil v zatáčce,

c) velikosti $F_\mathrm{L}, F_\mathrm{R}$ svislých složek sil, kterými působí jednotlivá kola automobilu v zatáčce na vozovku,

d) kritickou rychlost v_k, při níž styková síla mezi kolem a vozovkou na jedné straně vozidla bude nulová a automobil se dostane do labilní polohy.

4. Elektrický ohřívač, jehož schéma je na obr. 2 pracuje následujícím způsobem: Kontakt přepínače se nejprve přepne do polohy 1 a kondenzátor o kapacitě C se nabije na elektromotorické napětí zdroje U_e. Potom se kontakt přepínače přepne do polohy 2 a kondenzátor se úplně vybije přes vyhřívací těleso ohřívače, které má odpor R. Celý děj se opakuje s frekvencí f. Zdroj má vnitřní odpor R_i a nachází se mimo vyhřívaný prostor.

a) V které části cyklu a kde v elektrickém obvodu nastává nežádoucí přeměna elektrické energie na vnitřní energii?

b) Jaké teplo Q_1 vznikne ve vyhřívacím tělese během nabíjení kondenzátoru?

c) Jaké teplo Q_2 vznikne ve vyhřívacím tělese během vybíjení kondenzátoru?

d) Určete průměrný výkon P ohřívače.

e) Určete účinnost ohřívače a porovnejte ji s účinností v případě, že by vyhřívací těleso bylo trvale připojeno ke svorkám zdroje.

Odpor spojovacích vodičů zanedbáváme. Úlohu řešte obecně a pro hodnoty: $C = 100\ \mu\mathrm{F}$, $R = 20\ \Omega$, $U_\mathrm{e} = 90$ V, $R_\mathrm{i} = 80\ \Omega$, $f = 20\ \mathrm{s^{-1}}$.

Obr. 2