Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy regionálního kola 45. ročníku FO kategorie A

1. Výroba vodíku

Elektrolyzér pro průmyslovou výrobu vodíku se skládá z $k = 100$ sériově zapojených velkých rozkladných článků, ve kterých probíhá elektrolýza zředěné kyseliny sírové.

a) Jaký proud prochází obvodem, jestliže vodík vyloučený za jednu hodinu by za normálních podmínek zaujímal objem $V_0 = 250\,\mathrm{m}^3$?

b) Jaká je energetická účinnost výroby, jestliže na každém rozkladném článku je napětí 2,20 V? Spálením 1 kg vodíku získáme teplo 143 MJ.

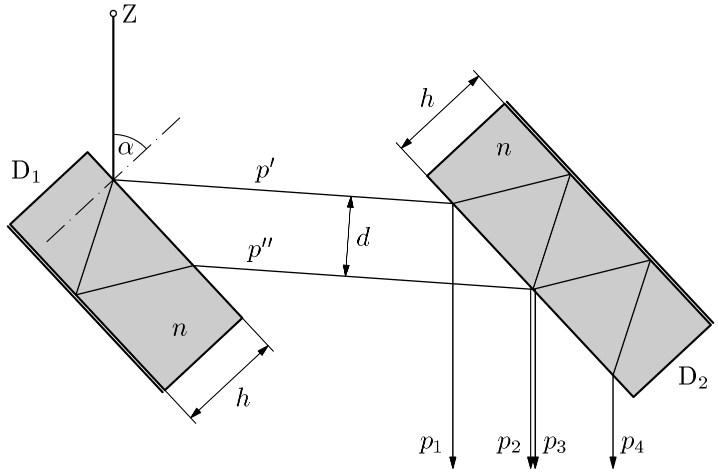
2. Interferometr

Na obr. 1 je zjednodušené schéma *Jaminova interferometru*. Základem přístroje jsou dvě přesné planparalelní desky D_1, D_2 stejné tloušťky h vyrobené ze skla o indexu lomu n. Desky jsou téměř rovnoběžné a jejich odvrácené stěny desek jsou pokoveny. Paprsek přicházející ze zdroje světla Z a dopadající na první desku pod úhlem α se od ní částečně odráží jako paprsek p', částečně se láme do desky a po odrazu na pokovené stěně a dalším lomu vystupuje z desky jako paprsek p''. Na druhé desce z paprsků p' a p'' stejný způsobem vzniknou čtyři paprsky p_1, p_2, p_3 a p_4. Interferencí paprsků p_2 a p_3 vznikají interferenční jevy, které můžeme ovlivnit vložením různých překážek do cesty paprsků p' a p''.

a) Pro dané veličiny h a n určete vzdálenost d paprsků p' a p'' jako funkci úhlu α.

b) Nalezněte úhel $\alpha = \alpha_{\mathrm{m}}$, pro který je vzdálenost d největší.

Řešte nejprve obecně, úlohu b) pak pro hodnoty $h = 50{,}0$ mm, $n = 1{,}52$. Pro tyto hodnoty také vypočítejte největší dosažitelnou vzdálenost $d = d_{\mathrm{m}}$.



Obr. 1

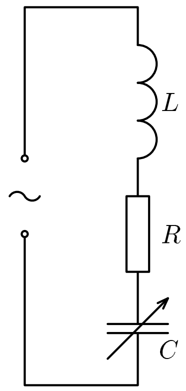
3. Elektrický obvod

K vysokofrekvenčnímu generátoru, jehož svorkové napětí má frekvenci $f = 700$ kHz a stálou efektivní hodnotu $U = 2{,}00$ V je sériově připojena cívka a otočný kondenzátor opatřený stupnicí kapacit. Nastavíme-li kapacitu $C_1 = 200$ pF nebo kapacitu $C_2 = 300$ pF prochází obvodem proud o stejné efektivní hodnotě $I_1 = I_2 = 5{,}00$ mA.

a) Určete indukčnost ideální cívky a rezistanci ideálního rezistoru, jejichž sériovým spojením by se dala daná skutečná cívka nahradit (obr. 2).

b) Jak musíme změnit kapacitu kondenzátoru, aby obvodem procházel maximální proud? Určete jeho velikost.

c) Jaká bude v tomto případě efektivní hodnota napětí na kondenzátoru?



Obr. 2

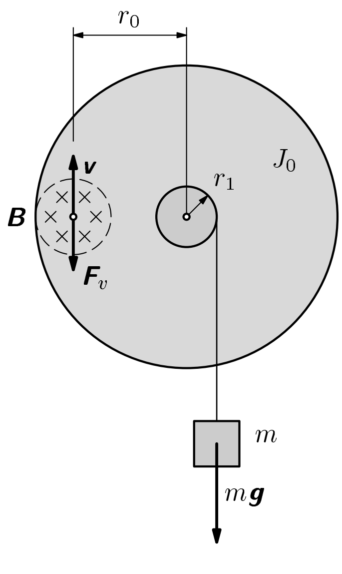
4. Brzdění vířivými proudy

Hliníkový kotouč upevněný na vodorovném hřídeli o poloměru $r_1 = 10{,}0$ mm a volně otáčivý okolo své osy zasahuje mezi póly elektromagnetu (obr. 3). Velikost B magnetické indukce mezi póly může nabývat dvou hodnot: $B_0 = 0$ a $B_1 = 0{,}250$ T. Kotouč roztáčí z klidu závaží o hmotnosti $m = 0{,}100$ kg zavěšené na vlákně navinutém na hřídeli kotouče. Vířivé proudy indukované v kotouči mezi póly elektromagnetu způsobují brzdění kotouče silou $\boldsymbol{F}_v$, jejíž nositelka je ve vzdálenosti $r_0 = 80{,}0$ mm od osy kotouče a její velikost je dána funkcí $F_v = kBv$, kde v je velikost okamžité rychlosti bodů kotouče ve vzdálenosti r_0 od osy. Konstanta k má v jednotkách SI číselnou hodnotu $\{k\} = 7{,}50 \cdot 10^{-2}$. Mechanické odporové síly neuvažujte. Kotouč s hřídelem (bez zavěšeného závaží) má moment setrvačnosti $J_0 = 4{,}00 \cdot 10^{-4}$ kg $\cdot$ m^2. Tíhové zrychlení $g = 9{,}81$ m $\cdot$ s^{-2}.

a) Odvoďte jednotku konstanty k a vyjádřete ji pomocí základních jednotek SI.

b) Vypočtěte mezní úhlovou rychlost kotouče pro dané hodnoty B.

c) Odvoďte funkční závislost úhlové rychlosti kotouče na čase a vypočtěte její velikost v čase $t = 5$ s od začátku pohybu pro dané hodnoty B.



Obr. 3