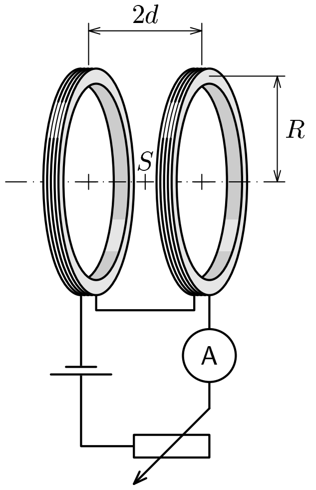
Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Teoretické úlohy celostátního kola 42. ročníku FO

1. Při pokusech s Wehneltovou trubicí se pro získání přibližně homogenního magnetického pole používají *Helmholtzovy cívky*. Je to dvojice souosých tenkých kruhových cívek o N závitech a poloměru R. Vzdálenost rovin, ve kterých cívky leží, je $2d$ (obr. 1). Cívkami prochází souhlasným směrem proud I.



Obr. 1

a) Jak závisí magnetická indukce $\boldsymbol{B}$ v bodě na ose cívek na jeho vzdálenosti od středu dvojice cívek S?

b) Vysvětlete, proč magnetické pole v okolí bodu S lze pokládat za nejvíce podobné homogennímu, když zvolíme $2d = R$.

c) Jaký proud musí procházet cívkami, aby magnetická indukce v bodě S měla velikost $B_0 = 10$ mT, jestliže $R = 2d = 15$ cm a každá cívka má $N = 100$ závitů?

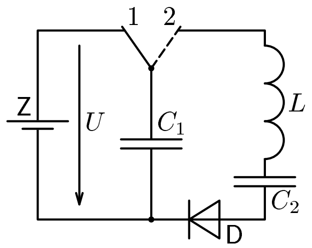
Úlohy a) a b) řešte jen obecně. Průřez vinutí cívek považujte za zanedbatelný. Vliv vzduchu zanedbejte.

2. Kondenzátor o kapacitě C_1 byl nabit ze zdroje o svorkovém napětí U. Po překlopení přepínače do polohy 2 nastal přechodný děj, při kterém se uplatnila indukčnost cívky L a kapacita druhého kondenzátoru C_2. Všechny součástky včetně diody považujte za ideální.

a) Určete dobu trvání přechodného děje.

b) Určete konečná napětí U_1, U_2 na kondenzátorech a náboj Q, který během přechodného děje prošel cívkou.

c) Zobrazte graficky časové průběhy okamžitého proudu i a okamžitých napětí u_1, u_2 na obou kondenzátorech.



Obr. 2

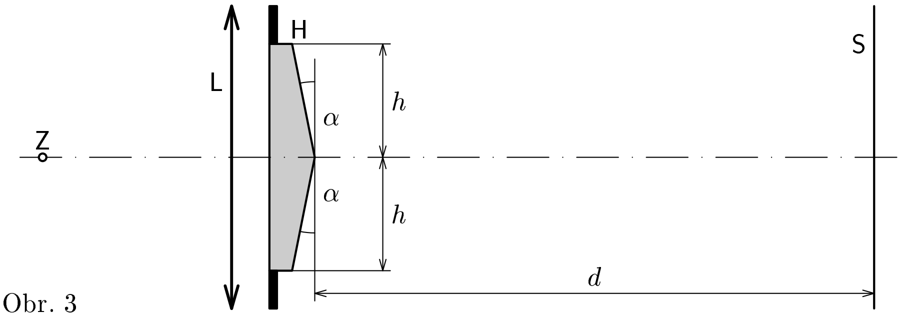
Úkoly a) a b) řešte nejprve obecně. V části b) proveďte diskusi získaných výsledků. Pak řešte celou úlohu pro hodnoty

$$U = 10\ \text{V},\ C_1 = 8{,}0\ \mu\text{F},\ C_2 = 2{,}0\ \mu\text{F},\ L = 1{,}0\ \text{H}.$$

3. Centrovaná optická soustava je tvořena monofrekvenčním zdrojem světla Z o vlnové délce $\lambda = 632$ nm, spojnou čočkou L, dvojhranolem H o celkové šířce $2h = 40$ mm vyrobeným ze skla o indexu lomu $n = 1{,}55$ a stínítkem S (obr 3). Zdroj světla se nachází v ohnisku čočky. Svazek rovinných světelných vlnoploch se při průchodu dvojhranolem rozdělí na dva koherentní svazky vlnoploch, které se částečně překrývají a na stínítku vytvářejí řadu interferenčních proužků.

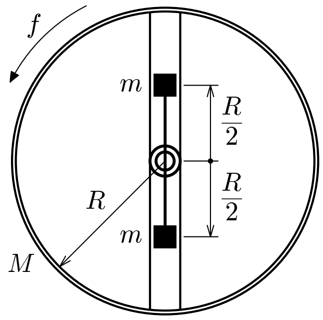
Navrhněte lámavý úhel α obou polovin dvojhranolu a vzdálenost d stínítka od dvojhranolu tak, aby proužky měly šířku s přesně 0,1 mm a aby jejich počet byl co největší.

Úhel α je velmi malý. Platí tedy $\sin\alpha \doteq \mathrm{tg}\,\alpha \doteq \alpha$.



Obr. 3

4. Odstředivý stroj pro výzkum pevnosti materiálů tvořený vodorovným tenkým kruhovým prstencem o hmotnosti M a poloměru R s rovnou dutou příčkou se otáčí kolem svislé osy souměrnosti. Drát délky R a průřezu S opatříme na koncích olověnými závažími o hmotnosti $m = M/2$, uložíme jej do příčky souměrně vzhledem k ose prstence a celé zařízení roztočíme pomocí motoru (obr. 4). Frekvenci otáčení f postupně zvětšujeme, až do hodnoty f_0, kdy dojde k přetržení drátu a obě závaží odletí ke koncům příčky, kde se nepružně zastaví. Přetržením drátu se mechanicky odpojí pohon a stroj se dále otáčí setrvačností.



Obr. 4

Tření v ložiskách i mezi závažími a příčkou je zanedbatelné. Moment setrvačnosti osy stroje a hmotnost drátu a příčky jsou zanedbatelné, rozměry závaží jsou malé ve srovnání s poloměrem prstence.

a) Vypočtěte mez pevnosti v tahu σ_p zkoumaného materiálu. Délkovou deformaci drátu tahem před přetržením zanedbejte.

b) Určete frekvenci f_1 otáčení stroje po dopadu závaží na konce příčky.

c) Porovnejte kinetickou energii zařízení bezprostředně před přetržením drátu a po dopadu závaží na konce příčky a případný rozdíl vysvětlete.

d) Určete rychlost závaží bezprostředně před dopadem na konce příčky.

α) ve vztažné soustavě spojené s laboratoří,

β) ve vztažné soustavě spojené s prstencem.

Řešte obecně a potom pro hodnoty

$M = 2m = 40{,}0\ \mathrm{g},\ R = 0{,}300\ \mathrm{m},\ S = 1{,}00\ \mathrm{mm}^2,\ f_0 = 50{,}0\ \mathrm{s}^{-1}$.