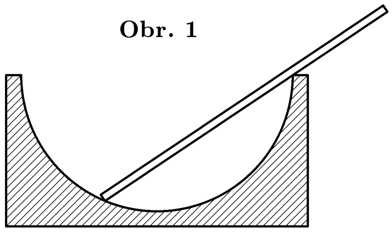
Úlohy 1. kola 41. ročníku fyzikální olympiády. *Kategorie A*

1. Do misky s dutinou ve tvaru polokoule o poloměru R vložíme šikmo tenkou tyčinku délky L tak, aby se opírala o okraj (obr 1). Jakou stabilní rovnovážnou polohu tyčinka zaujme pro 1) $L = \frac{2}{3}R$, 2) $L = \frac{5}{3}R$, 3) $L = \frac{8}{3}R$, je-li tření mezi tyčinkou a miskou zanedbatelně malé?

Obr. 1



2. Nádoba tvaru rotačního válce o poloměru R se svislou osou byla naplněna vodou do výšky h_0. Uprostřed dna nádoby je kruhový otvor o poloměru $r \ll R$, který v určitém okamžiku otevřeme.

a) Jak se bude měnit výška h vody v nádobě v závislosti na čase?

b) Za jakou dobu klesne hladina ke dnu?

c) Závislost výšky hladiny na čase znázorněte graficky.

Úlohu řešte obecně a pro hodnoty

$$R = 10 \text{ cm},\ r = 2{,}0 \text{ mm},\ h_0 = 20 \text{ cm},\ g = 9{,}8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}.$$

3. Akumulátorovou baterii můžeme improvizovaně nabíjet tak, že ji přes polovodičovou diodu, reostat a ampérmetr připojíme k robustnímu síťovému transformátoru (obr. 2). Výstupní napětí transformátoru má efektivní hodnotu U a považujeme je za harmonické napětí o frekvenci 50 Hz. Vnitřní odpor zdroje, odpor ampérmetru a úbytek napětí na diodě v propustném směru zanedbáváme. Svorkové napětí baterie U_b se během nabíjení téměř nemění.

a) Jak dlouho během jedné periody střídavého napětí prochází obvodem nabíjecí proud?

b) Jak velký musíme nastavit odpor R reostatu, aby nabíjecí proud měl střední hodnotu I_s? [1])

c) Jaká bude špičková hodnota I_v nabíjecího proudu?

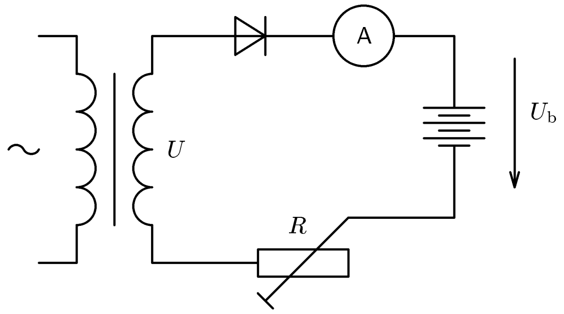
d) Do společného grafu nakreslete časové průběhy okamžité hodnoty u výstupního napětí transformátoru a okamžité hodnoty i nabíjecího proudu.

Úlohu řešte pro hodnoty: $U = 18{,}0$ V, $U_b = 12{,}8$ V, $I_\mathrm{s} = 2{,}0$ A.

---

[1]) Střední hodnota periodicky proměnného proudu je rovna ustálenému stejnosměrnému proudu, kterým se za jednu periodu proměnného proudu přenese stejný náboj jako daným proměnným proudem. Stejnosměrný magnetoelektrický ampérmetr ukazuje právě tuto hodnotu.

Obr. 2



4. Ploskovypuklá čočka je vyrobena ze skla, jehož relativní index lomu vzhledem k okolnímu vzduchu je $n = 1{,}600$. Poloměr kulové plochy $R = 100{,}0$ mm, tloušťka čočky $d = 5{,}00$ mm. Na rovinnou plochu čočky dopadají ve směru optické osy rovinné světelné vlnoplochy. Čočku nejprve opatříme clonou, která propustí jen úzký svazek paprsků v blízkosti optické osy. Za čočku umístíme stínítko, na které paprsky soustředíme.

a) Jak daleko od kulové plochy čočky musíme stínítko umístit?

b) Jaký poloměr r bude mít světelná skvrna na stínítku, jestliže clonu odstraníme?

5. Nelinearita voltampérové charakteristiky žárovky je důsledkem závislosti odporu vlákna žárovky na jeho teplotě. Pokud je teplota vlákna podstatně větší než teplota okolí, můžeme vycházet z těchto zjednodušujících předpokladů:

- zářivý výkon žárovky je přímo úměrný čtvrté mocnině absolutní termodynamické teploty vlákna ($P_{\mathrm{e}} \sim T^4$),
- odpor vlákna je přímo úměrný absolutní teplotě ($R \sim T$).

a) Určete závislost proudu procházejícího žárovkou na připojeném napětí.

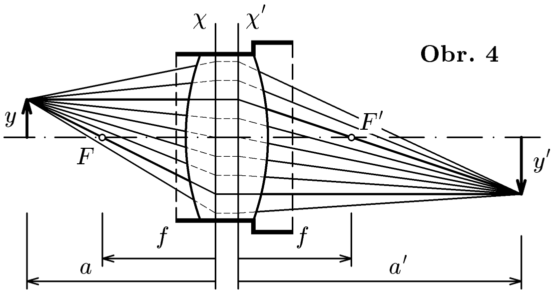
b) Sestrojte voltampérovou charakteristiku žárovky, na které jsou údaje 60 W, 230 V.

c) Jak se změní zářivý a světelný tok žárovky, klesne-li napětí na 210 V?

6. *Praktická úloha:* **Určení ohniskové vzdálenosti a polohy ohnisek a hlavních rovin promítacího objektivu**

Promítací objektiv je tvořen spojnou soustavou několika čoček se společnou optickou osou, která se chová jako jediná **tlustá spojka**, jejíž vlastnosti jsou určeny polohou ohnisek a hlavních rovin (obr. 4). Vzdálenost *předmětového ohniska* F od *předmětové hlavní roviny* χ je stejná jako vzdálenost *obrazového ohniska* F' od *obrazové hlavní roviny* χ' a nazývá se **ohnisková vzdálenost** objektivu. Paprsky přicházející na objektiv rovnoběžně s optickou osou se lámou do obrazového ohniska F'. Paprsky vycházející z předmětového ohniska F vystupují z objektivu rovnoběžně s optickou osou.

Skutečný chod paprsků objektivem je složitý. Výsledek je ale takový, jako by se paprsky lámaly jen na předmětové hlavní rovině χ do směru rovnoběžného s optickou osou a potom na obrazové hlavní rovině χ' do výsledného směru.



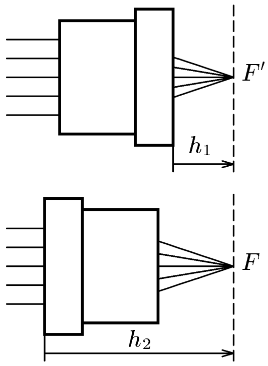
Obr. 4

(Pokud je pořadí hlavních rovin opačné (χ' se nachází vlevo od χ), musíme při grafické konstrukci paprsku mezi hlavními rovinami „couvnout“.)

Úkol: Určete ohniskovou vzdálenost a polohu ohnisek a hlavních rovin objektivu ze školního diaprojektoru (Medior, Aspectomat, Praktica apod.).

Provedení úlohy:

a) Objektiv upevněte pomocí vhodného držáku na optickou lavici, kterou umístíte do blízkosti otevřeného okna. Skleněnou matnicí vyhledejte obrazovou ohniskovou rovinu objektivu, kde vznikne ostrý obraz vzdálených předmětů — budov, stromů — a změřte vzdálenost h_1 matnice od předního okraje objektivu. Pak objektiv otočte, stejným způsobem vyhledejte předmětovou ohniskovou rovinu objektivu a změřte vzdálenost h_2 matnice od předního okraje objektivu (obr. 5).

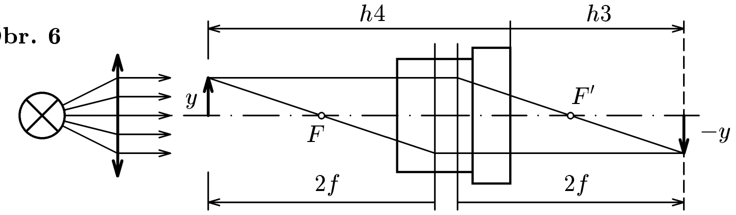


Obr. 5

b) Na optickou lavici přidejte světelný zdroj a průhledný rovinný předmět známé výšky, například kousek plastového pravítka s milimetrovou stupnicí. Polohu předmětu, objektivu a matnice upravte tak, aby na matnici vznikl skutečný převrácený obraz předmětu, stejně velký jako je předmět. V takovém případě leží předmět ve vzdálenosti $2f$ od předmětové hlavní roviny χ a obraz ve vzdálenosti $2f$ od obrazové hlavní roviny χ' (obr. 6). Změřte vzdálenosti h_3, h_4 matnice a předmětu od předního okraje objektivu a vypočítejte ohniskovou vzdálenost objektivu

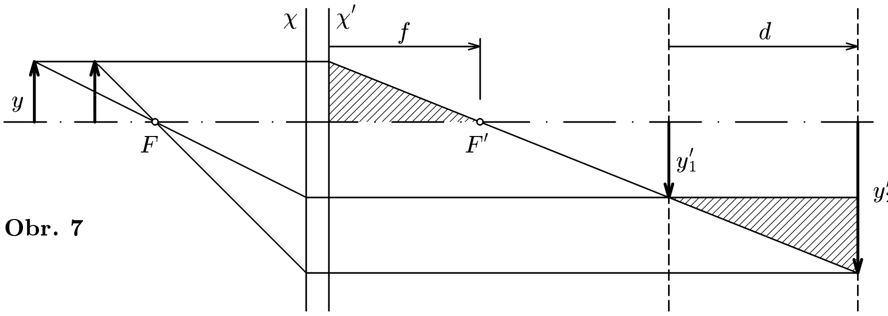
$$f = h_3 - h_1 = h_4 - h_2 \,.$$

Obr. 6



c) Změřte ohniskovou vzdálenost objektivu Abbeovou metodou podle obr. 7. Při pevné poloze objektivu zvolte polohu matnice. Předmět o výšce y posouvejte, až na matnici vznikne jeho převrácený skutečný obraz, a změřte výšku obrazu $|y'_1|$. Pak posuňte matnici směrem od objektivu do vzdálenosti d, posunutím předmětu opět vytvořte na matnici převrácený skutečný obraz a změřte jeho velikost $|y'_2|$. Z podobnosti vyšrafovaných trojúhelníků plyne pro ohniskovou vzdálenost objektivu vztah

$$f = \frac{y \cdot d}{|y'_2| - |y'_1|}\,.$$



Obr. 7

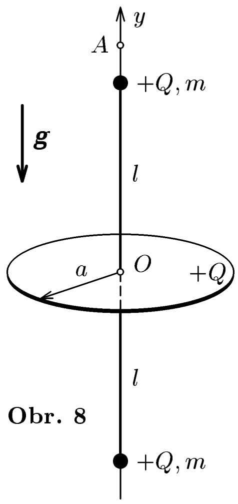
Měření ohniskové vzdálenosti oběma metodami několikrát opakujte a odhadněte přesnost získaných výsledků. Porovnejte je s jmenovitou hodnotou ohniskové vzdálenosti vyznačenou na obrubě objektivu. Určete vzdálenosti hlavních rovin objektivu od jeho předního okraje.

7. Kruhový disk o poloměru a a zanedbatelné tloušťce je upevněn ve vodorovné poloze a rovnoměrně nabit kladným nábojem Q. Na obou stranách disku jsou v jeho středu upevněna na tenkých nevodivých vláknech o délce $l = a\sqrt{3}$ malá tělíska zanedbatelných rozměrů (obr. 8). Každé z tělísek má hmotnost m a kladný náboj Q stejné velikosti jako náboj disku. Střed disku zvolte za počátek vztažné soustavy se svislou osou y.

a) Vypočtěte intenzitu elektrického pole disku v bodě A na ose disku ve vzdálenosti y od jeho středu.

b) Vypočtěte úhlové frekvence malých kmitů horního (ω_H) a dolního (ω_D) kyvadla.

c) Jaký musí být náboj Q, aby horní soustavu bylo ještě možné považovat za oscilátor?



Obr. 8