Úlohy 1. kola 52. ročníku fyzikální olympiády. *Kategorie A*

Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

1. Dvě tělesa vržená po sobě šikmo vzhůru dopadnou současně do stejného místa

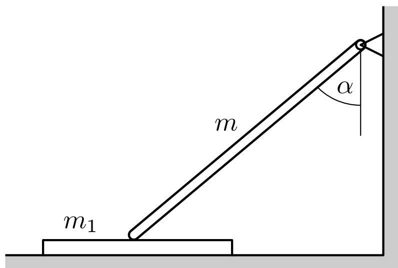
Z určitého místa na vodorovné rovině vrhneme šikmo vzhůru stejně velkou počáteční rychlostí po sobě dvě tělesa. První těleso vrhneme pod elevačním úhlem α_1 a počáteční rychlost obou těles bude mít velikost v_0.

a) Určete podmínky, které musí být splněny, aby obě tělesa dopadla současně do stejného místa. Odpor vzduchu zanedbejte. Řešte obecně.

b) Tutéž úlohu řešte pro velikost počáteční rychlosti obou těles $v_0 = 30\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ a elevační úhel prvního tělesa $\alpha_1 = 57°$. Pro tyto hodnoty také ve vhodném měřítku nakreslete trajektorie obou těles a sestrojte graf závislosti okamžité výšky obou těles na čase měřeném od okamžiku vržení prvního tělesa.

2. Posouvání desky

Na hladké vodorovné rovině leží deska hmotnosti m_1. Na desce leží volný konec tyče o hmotnosti m, jejíž druhý konec je kloubově upevněn na svislé stěně tak, že svírá se stěnou úhel α (obr. 1). Těžiště tyče je v jejím středu. Součinitel smykového tření mezi deskou a tyčí je f. Předpokládejme nejprve, že tření mezi deskou a vodorovnou rovinou je zanedbatelné.



Obr. 1

a) Jak velkou vodorovnou silou $\boldsymbol{F}_1$ musíme působit na desku, budeme-li ji rovnoměrně posouvat směrem ke stěně? Stanovte podmínku, kdy se nám tento posuv podaří uskutečnit. Jakou silou $\boldsymbol{F}_2$ přitom působí tyč na kloub, ve kterém je upevněna?

b) Jak velkou vodorovnou silou $\boldsymbol{F}_3$ musíme působit na desku, chceme-li ji povytáhnout rovnoměrně směrem od stěny? Jakou silou $\boldsymbol{F}_4$ působí nyní tyč na kloub, ve kterém je upevněna?

c) Jak se změní výsledky v částech a) a b), není-li tření mezi deskou a vodorovnou rovinou zanedbatelné a součinitel smykového tření mezi nimi je f_1?

Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty: $m_1 = 2{,}0$ kg, $m = 10{,}0$ kg, $\alpha = 50°$, $f = 0{,}35$, $f_1 = 0{,}10$.

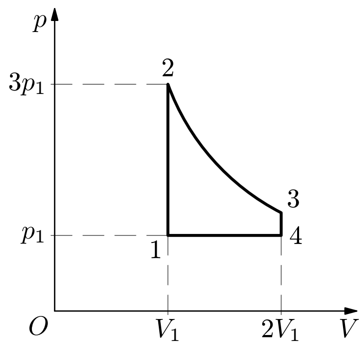
3. Kruhový děj

V p-V diagramu je znázorněn kruhový děj pro $n = 1$ mol ideálního plynu s dvouatomovými molekulami. Teplota T_1 je 300 K. Určete teplo vyměněné s okolím a práci plynu spotřebovanou nebo vykonanou plynem pro každý jednotlivý děj a vypočítejte účinnost kruhového děje 12341. Děj 2-3 je

a) izotermický,

b) adiabatický.

Vnitřní energie plynu s dvouatomovými molekulami $U = \frac{5}{2}nRT$, Poissonova konstanta $\varkappa = 1{,}40$.



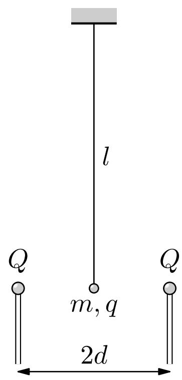
Obr. 2

4. Elektrické kyvadélko

Kulička o hmotnosti $m = 20$ mg, na které je náboj $q = +0{,}25$ nC, je zavěšena na tenkém nevodivém vlákně délky $l = 15{,}0$ cm tak, že se nachází uprostřed mezi dvěma kovovými izolovanými kuličkami, které jsou upevněny ve vzájemné vzdálenosti $2d = 6{,}0$ cm v téže horizontální rovině (obr. 3). Na obou je stejný náboj $Q = +1{,}00$ nC.

a) Ověřte, že pro dané hodnoty veličin je rovnovážná poloha zavěšené kuličky stabilní.

b) Určete, s jakou periodou bude zavěšená kulička kývat okolo rovnovážné polohy, jestliže ji nepatrně vychýlíme α) ve směru spojnice pevných kuliček, β) kolmo ke spojnici pevných kuliček.



Obr.3

Konstanta Coulombova zákona je $k = 9{,}00 \cdot 10^9$ N $\cdot$ m^2 $\cdot$ C^{-2}. Rozměry kuliček zanedbejte.

Poznámka: Pro $\varepsilon \ll 1$ platí přibližný vztah $(1+\varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon$.

5. Obvody se žárovkami

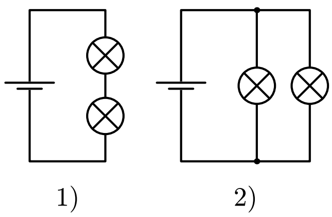
Dvě stejné žárovky byla připojeny ke zdroji o elektromotorickém napětí U_e jednak sériově (1), jednak paralelně (2) – viz obr. 4. Kupodivu v obou případech svítily stejně.

a) Porovnejte odpor R svítících žárovek s vnitřním odporem R_i zdroje.

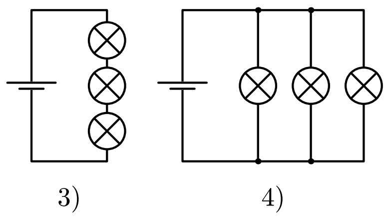
b) Porovnejte účinnost obvodu v obou případech.

c) K témuž zdroji připojíme tři stejné žárovky jako v předcházejícím pokusu jednak sériově (3), jednak paralelně (4) – viz obr. 5. Ve kterém zapojení budou svítit víc?

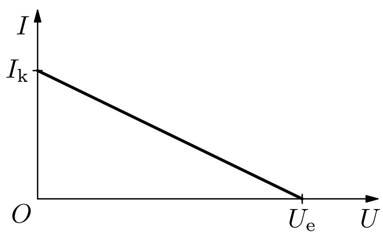
Úlohu c) řešte graficky. Předpokládáme, že zatěžovací charakteristika zdroje je lineární (obr. 6) a voltampérová charakteristika žárovky má průběh podle obr. 7.



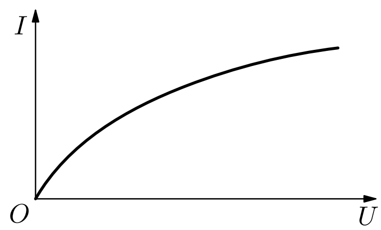
Obr. 4



Obr. 5



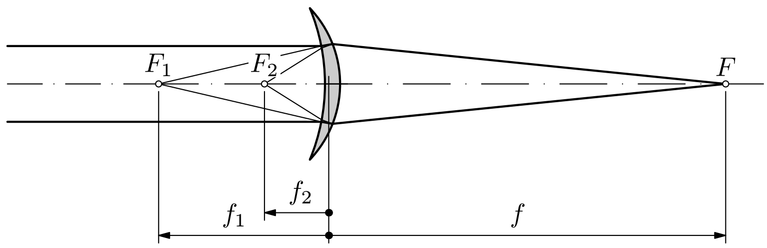
Obr. 6



Obr. 7

6. *Praktická úloha:* **Měření brýlové čočky**

Dopadá-li na dutou stranu dutovypuklé brýlové čočky svazek paprsků rovnoběžných s optickou osou, soustředí se za čočkou do ohniska F. Část světla se však na rozhraních čočky odráží. Odražené paprsky se soustřeďují do dvou ohnisek F_1 a F_2 (obr. 8).



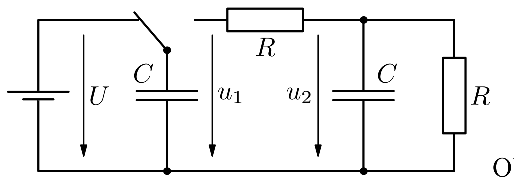
Obr. 8

Úkol: Změřte ohniskové vzdálenosti f, f_1 a f_2 brýlové spojky o optické mohutnosti 2 až 3 dioptrie. Z naměřených hodnot vypočítejte poloměry kulových ploch čočky a index lomu skla, ze kterého je vyrobena. Potřebné vztahy odvoďte. Tloušťku čočky zanedbejte.

Poznámky k provedení: Čočku vhodně upevněte a osvětlete ji zdrojem světla malých rozměrů, který umístíte do vzdálenosti alespoň 3 m. Pokud použijete jako světelný zdroj Slunce, provádějte měření navečer, kdy jeho paprsky nejsou tak intenzivní, a vezměte si tmavší sluneční brýle, abyste nebyli oslněni při vyhledávání ohniska F. Ohniska F_1 a F_2 vyhledejte pomocí růžku papíru, abyste příliš nezakrývali paprsky dopadající na čočku.

7. **Vybíjení kondenzátoru**

Kondenzátor o kapacitě $C = 1{,}0\ \mu\text{F}$ byl nabit ze zdroje o svorkovém napětí $U = 10{,}0$ V a v čase $t = 0$ připojen podle obr. 9 k obvodu se dvěma rezistory o odporu $R = 1{,}0\ \text{M}\Omega$ a dalším kondenzátorem o kapacitě $C = 1{,}0\ \mu\text{F}$.



Obr. 9

Užitím numerického modelování zjistěte, jak se v závislosti na čase měnila napětí u_1 a u_2 na kondenzátorech. Z tabulky a grafu určete, kdy bylo napětí u_2 maximální a jaká byla v tomto okamžiku jeho hodnota.