Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

Úlohy krajského kola 51. ročníku FO kategorie A

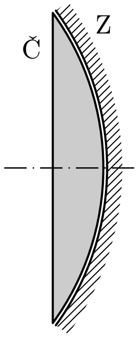
1. Kombinace zrcadla a čočky

Do dutého kulového zrcadla o poloměru křivosti r vložíme ploskovypuklou čočku o stejně velkém poloměru křivosti vyrobenou ze skla o indexu lomu $n = 1{,}5$ (obr. 1).

a) Kolikrát menší je ohnisková vzdálenost f soustavy než ohnisková vzdálenost f_0 samotného zrcadla?

b) Do středu křivosti kulové plochy zrcadla vložíme malý předmět. Porovnejte polohu a příčné zvětšení Z_0 obrazu tohoto předmětu vytvořeného samotným zrcadlem s polohou a příčným zvětšením Z obrazu, který vznikne po vložení čočky.

c) Kam bychom museli přesunout předmět z úlohy b), aby příčné zvětšení obrazu vytvořeného zrcadlem s čočkou mělo opět hodnotu Z_0? Jaká by byla v tomto případě poloha obrazu?



Obr. 1

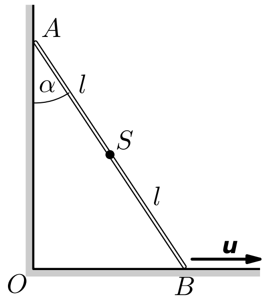
Uvažujte jen zobrazení v paraxiálním prostoru. Tloušťka čočky je malá v porovnání s poloměrem křivosti zrcadla. (Můžete využít pozatku, že optické mohutnosti tenkých zobrazovacích prvků položených na sebe se sčítají.)

2. Korálek na tyčce

Konce tenké tyčky AB délky $2l$ kloužou po ramenech pravého úhlu, z nichž jedno je svislé a druhé vodorovné (obr. 2). Konec B se pohybuje stálou rychlostí $\boldsymbol{u}$. Uprostřed tyčky je upevněn korálek hmotnosti m. Určete, jak závisí na okamžité odchylce α tyčky od svislého směru

a) okamžitá rychlost a zrychlení korálku,

b) síla, kterou působí korálek na tyčku.



Obr. 2

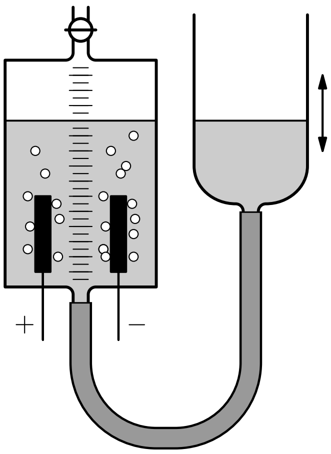
3. Třaskavá směs

V zařízení na obr. 3 dochází elektrolýzou pětiprocentního roztoku kyseliny sírové k rozkladu vody na kyslík a vodík, které se v horní části elektrolyzéru mísí na tzv. „třaskavou směs“. Tlak jímaného plynu se pohyblivou pomocnou nádobou vyrovnává s atmosférickým tlakem $p_{\text{at}} = 9{,}85 \cdot 10^4$ Pa. Teplota plynu se vyrovnává s teplotou okolí $t = 30$ °C. V určitém okamžiku je objem nashromážděného plynu $V = 2\,250\ \text{cm}^3$. Určete

a) hmotnost m rozložené vody,

b) náboj Q, který prošel elektrolyzérem.

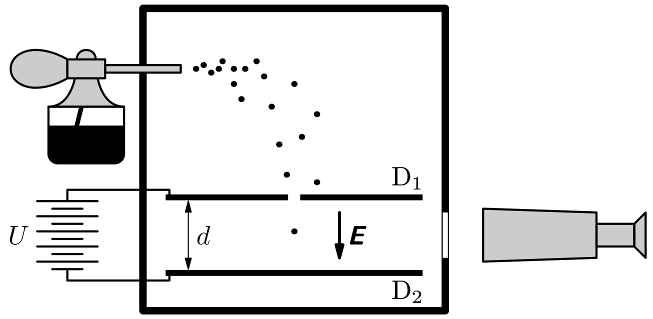
Počítejte s tím, že v získaném plynu je kromě kyslíku a vodíku také nasycená pára roztoku, která má při teplotě 30 °C tlak $p_{\text{n}} = 4\,040$ Pa.



Obr. 3

4. Millikanův pokus

Američan *Robert A. Millikan* provedl r. 1910 makroskopické měření elementárního náboje. Základem aparatury je kondenzátor s vodorovně orientovanými deskami D_1, D_2 (obr. 4). V uzavřené nádobě je zředěný vzduch udržovaný při stálém tlaku a teplotě. Velikost napětí mezi deskami i jeho polaritu je možno měnit. Do prostoru nad horní deskou jsou rozprašovačem vháněny malé kulové olejové kapičky (o průměru řádu 10 μm), které se snášejí zvolna dolů a některé propadnou otvorem v horní desce mezi desky kondenzátoru. Zde jsou pozorovány dalekohledem zaostřeným na vzdálenost těchto kapiček. Ve směru kolmém k optické ose dalekohledu jsou kapičky z jedné strany osvětleny obloukovou lampou, z opačné strany vstupuje do prostoru mezi deskami rentgenové záření, které zde ionizuje vzduch. V ohniskové rovině okuláru je umístěna skleněná destička s vodorovnými ryskami, což umožňuje určit velikost rychlosti kapičky, kterou můžeme považovat za mezní rychlost pohybu. Podmínky experimentu jsou takové, že je splněn vztah pro odporovou sílu podle *Stokese*. Na kapičku působí síly: tíhová, vztlaková, odporová a případně i elektrická (je-li mezi deskami napětí a kapička získala od iontů vzduchu náboj). Pokus byl ve fyzikálních laboratořích mnohokrát opakován a potvrdilo se, že náboj, který kapičky získají stykem s ionty vzduchu, je vždy násobkem elementárního náboje $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C.



Obr. 4

Při jednom takovém experimentu byla vzdálenost desek $d = 6{,}0$ mm, hustota vzduchu v komoře $\varrho = 0{,}90\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, dynamická viskozita $\eta = 12 \cdot 10^{-6}$ Pa · s a hustota oleje $\varrho_0 = 0{,}87 \cdot 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.

a) Měřením ustáleného pádu kapičky při odpojeném zdroji byla určena velikost její rychlosti $v_0 = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Vypočítejte poloměr kapičky.

b) Horní desku kondenzátoru připojíme ke kladnému a dolní desku k zápornému pólu zdroje o napětí $U = 9{,}0$ kV. Jak se změní rychlost ustáleného pohybu kapičky z úkolu a), jestliže již do tohoto okamžiku získala od iontů vzduchu náboj $Q = -15e$?