Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy ústředního kola 38. ročníku FO

Teoretická část

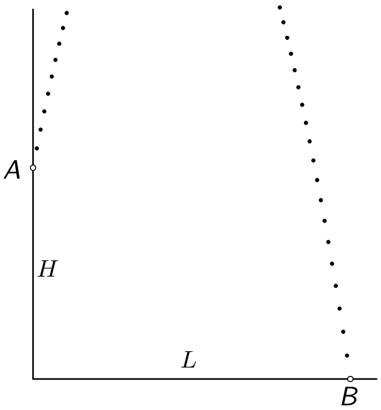
1. Do nádoby o objemu 22,4 litru bylo v čistém suchém vzduchu za atmosférického tlaku $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa a teploty 0 °C nalito 18 g vody. Nádoba byla poté hermeticky uzavřena a zahřáta na teplotu 100 °C. Určete

a) tlak v nádobě,

b) hmotnost vody, která se odpaří.

Objem nádoby považujte za nezávislý na teplotě. Vzduch a vodní páry se daných podmínek chovají prakticky jako ideální plyny.

2.



Kámen vržený z bodu A, který se nachází ve výšce $H = 10{,}0$ m dopadl za dobu $T = 4{,}25$ s v bodě B ve vodorovné vzdálenosti $L = 15{,}0$ m (obr. 1).

a) Určete velikost v_0 počáteční rychlosti kamene a elevační úhel ε.

b) Určete bod X trajektorie kamene, který je nejvíce vzdálen od bodu A.

Odpor vzduchu zanedbejte, $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

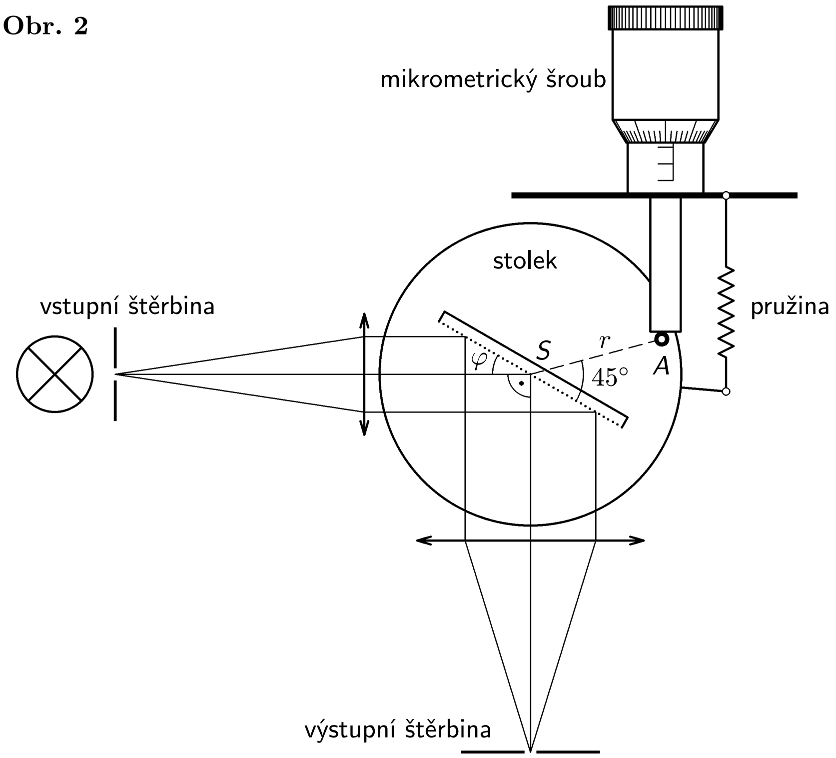
Obr. 1

3. Monochromátor mřížkového spektrometru je vybaven ohybovou mřížkou na odraz s 850 vrypy na milimetr, která je umístěna na otáčivém stolku (obr. 2). Osy vstupního a výstupního kolimátoru jsou navzájem kolmé. Při otáčení mřížky okolo osy procházející bodem S kolmo k nákresně se přes výstupní štěrbinu posouvá mřížkové spektrum prvního řádu. Otáčení stolku s mřížkou řídíme mikrometrickým šroubem, který se opírá do čepu, jehož střed je v bodě A stolku. Čep je ke šroubu přitlačován pružinou. Spojnice SA svírá s rovinou mřížky úhel 45°.

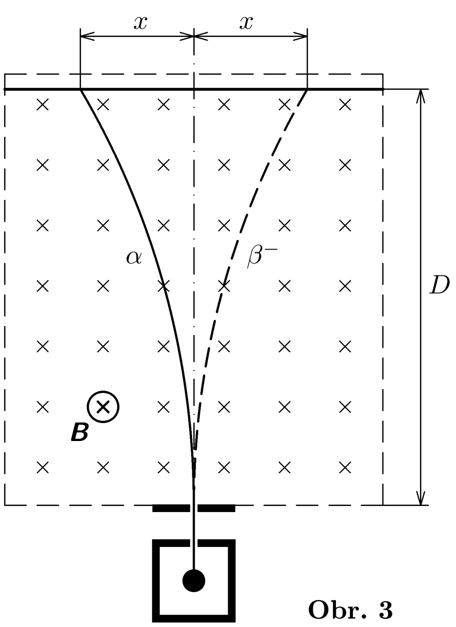
a) Jak závisí vlnová délka světla, kterým je osvětlena výstupní štěrbina monochromátoru na úhlu φ, který svírá rovina mřížky s dopadajícími paprsky? Platí $\varphi < 45°$. Určete hodnoty tohoto úhlu pro vlnové délky $\lambda_1 = 420$ nm a $\lambda_2 = 750$ nm.

b) Vysvětlete, proč stupnice vlnových délek na mikrometrickém šroubu je rovnoměrná. Jak velké musí být rameno SA, aby jedné otáčce šroubu odpovídala změna vlnové délky o 100 nm, je-li výška závitu 3 mm?

Obr. 2



4. Na obr. 3 je schéma zařízení pro měření energie částic radioaktivního záření. Záření vstupuje štěrbinou do homogenního magnetického pole mezi póly elektromagnetu kolmo k indukčním čarám. Částice jsou magnetickou silou odchýleny od původního směru a dopadají na stínítko, které je ve vzdálenosti $D = 0{,}500$ m od štěrbiny. Zde vytvářejí stopu na fotografickém materiálu. Celé zařízení je umístěno ve vakuu.



Obr. 3

a) Nejprve vložíme do stínicího krytu zářič α a proud v cívkách elektromagnetu nastavíme tak, aby magnetická indukce měla hodnotu $B_1 = 0,240$ T. Částice α pak dopadají do vzdálenosti $x = 0{,}100$ m od středu stínítka. Určete jejich hybnost, rychlost a kinetickou energii. Výpočet proveďte podle zákonů klasické fyziky.

b) Kinetickou energii částice α určete také užitím zákonů relativistické dynamiky. Jak velké relativní chyby jsme se dopustili při klasickém výpočtu?

c) Při druhém měření použijeme jako zářič radioaktivní nuklid $^{131}_{53}$J, který vyzařuje částice β^- s kinetickou energií dosahující hodnoty až 0,608 MeV. Jak musíme upravit velikost magnetické indukce B_2, aby částice s touto maximální energií dopadaly opět ve vzdálenosti $x = 0{,}100$ m od středu stínítka?

Počítejte s těmito hodnotami fyzikálních veličin:

klidová hmotnost částice α	$4{,}0026\ m_u$
atomová hmotnostní konstanta m_u	$1{,}6606 \cdot 10^{-27}$ kg
elementární náboj e	$1{,}6022 \cdot 10^{-19}$ C
klidová hmotnost elektronu m_e	$9{,}1095 \cdot 10^{-31}$ kg
rychlost světla ve vakuu c	$2{,}9979 \cdot 10^{8}$ m·s^{-1}

Poznámka: Vztah $F_d = ma_d$ pro výpočet dostředivé síly platí i při rychlostech blízkých rychlosti světla ve vakuu.