

63. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2021/2022

Kategória B

Krajské kolo – text úloh

1) Rovnovážna poloha

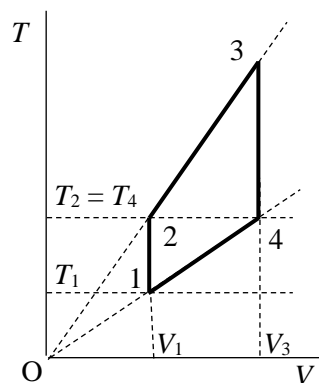
V nádobe s tvarom polgule s polomerom $R = 10$ cm sa nachádza dvojica guľôčok 1 a 2 s hmotnosťami $m_1 = 50$ g a $m_2 = 15$ g, spojených tenkou homogénnou tyčkou s hmotnosťou $m_3 = 10$ g.

- Určte uhol α , ktorý zvierajú tyčka v rovnovážnej polohe s vodorovnou rovinou, ak je dĺžka tyčky $l = 14$ cm.
- Určte maximálnu dĺžku l_m tyčky s hmotnosťou m_3 , pri ktorej zostanú obe guľôčky vo vnútri misky. Trenie medzi guľôčkami a miskou je zanedbateľne malé. Rozmery guľôčok neuvažujte, guľôčky považujte za hmotné body.

2) Kruhový dej

Na obr. B-1 je T-V diagram kruhového termodynamického deja 1-2-3-4-1 s ideálnym plynom s jednoatómovými molekulami hélia He. Látkové množstvo plynu $n = 2,0$ mol. Začiatková teplota $T_1 = 250$ K, začiatkový objem $V_1 = 4,5$ L a teploty T_2 a T_4 sú rovnaké. Účinnosť deja je $\eta = 8,0$ %.

- Určte tlak p_1 plynu v stave 1.
- Pomenujte a fyzikálne charakterizujte deje 1-4 a 2-3.
- Určte pomer $q = T_2 / T_1$ teplôt.
- Určte tlak p_3 plynu v stave 3.



Obr. B-1

Univerzálna plynová konštanta $R = 8,314$ J·K⁻¹·mol⁻¹, počet stupňov voľnosti jednoatómovej molekuly $s = 3$.

3) Cháron

Pluto je trpasličia planéta Slnecnej sústavy pomenovaná po starorímskom bohu podsvetia, ktorý sa v gréckej mytológii volá Hádes. Bola objavená v roku 1930. Sprievodcom planétky je jej mesiac Cháron, pomenovaný po prievozníkovi do Hádovej ríše, objavený v roku 1978.

Hmotnosť Chárona $M_C = 1,520 \cdot 10^{21}$ kg je približne 8,6-krát menšia ako hmotnosť $M_P = 1,305 \cdot 10^{22}$ kg Pluta, a rovníkový priemer Chárona $D_C = 1\,208$ km. Obidve telesá sa pohybujú po kružnicovej trajektórii okolo spoločného hmotného stredu, pričom vzdialenosť stredov telies je $d = 19\,571$ km. Rotácia Chárona je viazaná, takže po celý čas pohybu je natočený k Plutu stále rovnakou stranou (rovnako ako sústava Zem-Mesiac).

- Určte polomer kružnicovej trajektórie Chárona okolo hmotného stredu sústavy.
- Určte dobu obehu T Chárona okolo spoločného hmotného stredu sústavy.
- Určte relatívny rozdiel tiažového zrýchlenia na povrchu Chárona v najbližšom a najvzdialenejšom bode od Pluta.

Gravitačná konštanta $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N·m²·kg⁻². Cháron považujte za homogénnu guľu. Os rotácie mesiaca Cháron je kolmá na rovinu, v ktorej obieha spoločné ťažisko sústavy.

4) Hmotnostný spektrometer

Chlór s protónovým číslom $Z = 17$ sa vyskytuje v prírode v dvoch stabilných izotopoch. Na určenie ich pomerného zastúpenia použili hmotnostný spektrometer, obr. B-2.

V ionizačnej komore sa z molekúl KCl oddeľujú atómy K a Cl, a tie sa ionizujú na jednomocné ióny chlóru Cl^+ a draslíka K^+ .

- a) Väzbová energia molekuly KCl je $E_{\text{KCl}} = 427,4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, ionizačná energia atómu chlóru $E_{\text{Cl}} = 1\,251,2 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ a atómu draslíka $E_{\text{K}} = 418,8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

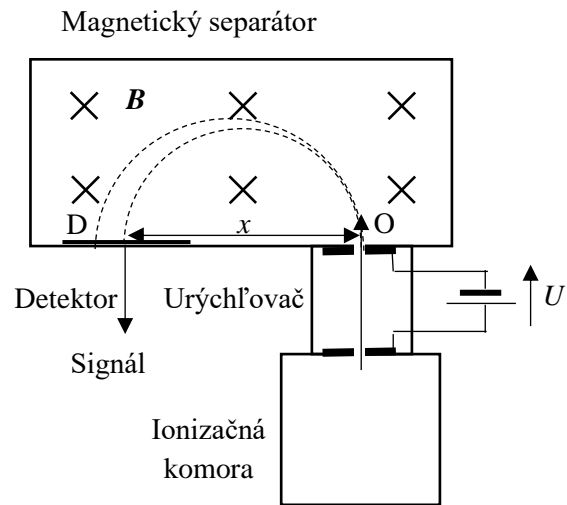
Vyjadrite väzbovú energiu $E_{\text{v KCl}}$ molekuly KCl ionizačnú energiu $E_{\text{i Cl}}$ atómu Cl a $E_{\text{i K}}$ atómu draslíka v jednotkách eV (elektrónvolt).

Určte vlnové dĺžky λ_{KCl} , λ_{Cl} a λ_{K} fotónov

s týmito hodnotami energie a uveďte, do ktorej časti spektra elektromagnetického žiarenia patria.

- b) Z otvoru ionizačnej komory vychádzajú ionizované atómy (ióny) K^+ a Cl^+ a vstupujú do urýchľovača, kde sa pohybujú od kladnej elektródy k zápornej, medzi ktorými je elektrické napätie U . Určte rýchlosť, ktorú získajú ióny ${}^{39}_{19}\text{K}^+$ pri urýchľovacom napätí $U_1 = 40 \text{ kV}$. Predpokladajte, že výstupná rýchlosť iónov z ionizátora je veľmi malá.
- c) Urýchlené ióny vstupujú do magnetického separátora, v ktorom sa pohybujú kolmo na vektor magnetickej indukcie \mathbf{B} homogénneho magnetického poľa s veľkosťou $B = 2,0 \text{ T}$ a dopadajú na detekčnú plochu D s jemnou maticou detekčných bodov (pixelov). Dopad iónu na detekčnú plochu sa indikuje elektrickým signálom, ktorý sa spracúva v počítači. Odvoďte vzťah pre vzdialenosť x miesta D dopadu iónu od vstupného bodu O a určte hodnotu x_1 vzdialenosti x a rýchlosť v_{D1} dopadu do bodu D pre ión ${}^{39}_{19}\text{K}^+$ a urýchľovacie napätie U_1 .
- d) V detekčnej rovine sa zaznamenali ďalšie dva body dopadu iónov chlóru vo vzdialenostiach $x_2 = 170,4 \text{ mm}$ a $x_3 = 175,2 \text{ mm}$ a ďalšieho izotopu draslíka $x_4 = 184,4$. Určte relatívne atómové hmotnosti zodpovedajúcich izotopov chlóru a draslíka. Uveďte počet neutrónov v jadrách všetkých štyroch iónov K^+ a Cl^+ .

Avogadrova konštanta $N_{\text{A}} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, elementárny náboj $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, Planckova konštanta $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, rýchlosť svetla vo vákuu $c \approx 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, atómová hmotnostná konštanta $u = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.



Obr. B-2