

### 63. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2021/2022

#### Kategória B

*Krajské kolo – text úloh v maďarskom jazyku*

#### 1. Egyensúlyi helyzet

Egy  $R = 10$  cm belső sugarú gömb alakú edényben két kicsi,  $m_1 = 50$  g és  $m_2 = 15$  g tömegű golyó van. Egy vékony  $m_3 = 10$  g tömegű homogén pálcza köti őket össze.

- Mekkora  $\alpha$  szöget zár a pálcza a vízszintes síkkal egyensúlyi helyzetben, ha a pálcza hossza  $l = 14$  cm?
- Mekkora lehet az  $m_3$  tömegű pálcza maximális  $l_m$  hossza, hogy mindkét golyó az edény belsőjében maradjon?

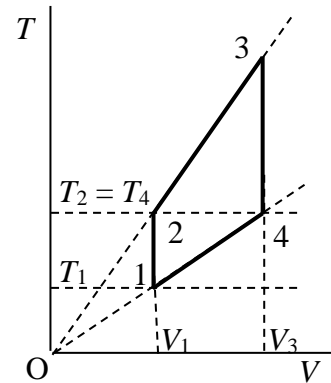
Az edény és golyók közti súrlódás elhanyagolhatóan kicsi, akárcsak a golyók mérete – a golyók tömegi pontok.

#### 2. A körfolyamat

Az ideális egyatomos molekulájú He-gáz által végzett 1-2-3-4-1 körfolyamatot a B-1 ábrán T-V állapotdiagrammban ábrázoltuk. A gáz mennyisége  $n = 2,0$  mol, kezdeti hőmérséklete  $T_1 = 250$  K, térfogata  $V_1 = 4,5$  L, továbbá  $T_4 = T_2$ . A körfolyamat hatékonysága  $\eta = 8,0$  %.

- Mekkora a gáz  $p_1$  nyomása az 1 állapotban?
- Nevezd meg és jellemezd fizikailag az 1-4 és 2-3 állapotváltozásokat!
- Mekkora a  $q = T_2/T_1$  hőmérsékletarány?
- Mekkora a gáz  $p_3$  nyomása a 3 állapotban?

Az egyetemes gázállandó  $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , az egyatomos molekulák szabadságfokainak száma  $s = 3$ .



B-1 ábra

### 3. Cháron

Pluto, a Naprendszer törpebolygója – nevét a római alvilág istenéről kapta (a korábbi, görög mitológiában az alvilág istene Hadész). A Plutót 1930-ban fedezték fel, kísérője Charon. Kharrón (Charon), a görög mitológiában, a holt lelkeket szállította át ladikjában a Sztüx folyón. Charont, a Pluto holdját 1978-ban fedezték fel.

A Charon tömege  $M_C = 1,520 \times 10^{21}$  kg nagyjából 8,6-szor kisebb a Pluto  $M_P = 1,305 \times 10^{22}$  kg tömegétől. A Charon átmérője  $D_C = 1\,208$  km. A két égitest külön-külön körpályán mozognak közös súlypontjuk körül, miközben a központjaik közti távolság  $d = 19\,571$  km. Charon keringése kötött, tehát egész idő alatt ugyanazzal az oldalával fordul a Pluto felé (ugyanúgy, ahogy a Hold a Hold-Föld rendszerben).

- a) Mekkora a közös súlypont körül keringő Charon körpályájának sugara?
- b) Mekkora a Charon  $T$  keringési ideje (amely alatt megkerüli a közös a súlypontot)?
- c) Határozd meg, mekkora a nehézségi gyorsulások relatív különbsége a Charon felületén a Plutóhoz legtávolabbi és legközelebbi pontjaiban!

A gravitációs állandó  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ . Tételezzük fel, hogy a Charon egy homogén gömb. A Charon forgástengelye merőleges a síkra, amelyben az égitestek keringenek közös súlypontjuk körül.

#### 4. Tömegspektrométer

A természetben a klórnak (protonszáma  $Z = 17$ ) két stabil izotópja fordul elő. Relatív előfordulásukat a B–2 ábrán látható spektrométerrel határozták meg.

Az ionizációs kamrában kettéválasztjuk a KCl molekula atomjait, majd  $\text{Cl}^+$  és  $\text{K}^+$  ionokká alakítjuk őket.

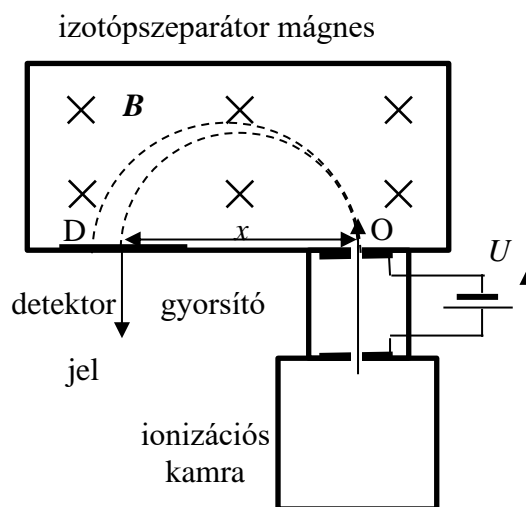
- a) A KCl molekula kötési energiája  $E_{\text{KCl}} = 427,4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , a neutrális klóratom ionizációs energiája  $E_{\text{Cl}} = 1\,251,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , a káliumatomé  $E_{\text{K}} = 418,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Fejezd ki egy KCl molekula  $E_{\text{vKCl}}$  kötési energiáját, egy Cl atom  $E_{\text{iCl}}$  és egy K atom  $E_{\text{iK}}$  ionizációs energiáját eV (elektronvolt) egységben!

Mekkora a fent megadott energiákkal rendelkező fotonok  $\lambda_{\text{KCl}}$ ,  $\lambda_{\text{Cl}}$ ,  $\lambda_{\text{K}}$  hullámhossza, és az elektromágneses tartomány melyik tartományába esnek?

- b) Az ionizációs kamra kis nyílásából kilépő  $\text{Cl}^+$  és  $\text{K}^+$  ionokat felgyorsítja a gyorsító  $U$  gyorsítófeszültsége – a gyorsító pozitív pólusától a negatív irányában gyorsítva azokat. Milyen sebességre gyorsítja a  ${}^{39}_{19}\text{K}^+$  ionokat az  $U_1 = 40 \text{ kV}$  gyorsítófeszültség? Tételezd fel, hogy az ionok elhanyagolhatóan kis kezdeti sebességgel lépnek ki az ionizációs kamrából!
- c) A felgyorsított ionok belépnek az izotópszeparátor mágneses terébe, amelyben a homogén mágneses térre merőlegesen mozognak, és a D detektor finom felbontású érzékelő mátrixába csapódnak be (pixelekbe). A mágneses tér  $B$  indukciójának nagysága  $B = 2,0 \text{ T}$ . A becsapódások elektromos jelet hoznak létre, amelyeket egy számítógép értékel ki. Vezesd le, hogy az O belépési ponttól mekkora  $x$  távolságban csapódnak be az ionok a D detektorba! Mekkora  $x_{\text{D1}}$  távolságban (az O belépési ponttól) és mekkora  $v_{\text{D1}}$  sebességgel csapódnak be az  $U_1$  gyorsítófeszültséggel gyorsított  ${}^{39}_{19}\text{K}^+$  ionok a D detektorba?
- d) A detektor további két távolságban  $x_2 = 170,4 \text{ mm}$ -en és  $x_3 = 175,2 \text{ mm}$ -en klórion becsapódásokat, valamint  $x_4 = 184,4 \text{ mm}$ -en káliumion becsapódásokat érzékelt. Mekkora a megfelelő klór- és káliumionok relatív atomtömege? Hány neutron van a két-két  $\text{K}^+$  és  $\text{Cl}^+$  ion atommagjában!

Az Avogadro-állandó  $N_{\text{A}} = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , az elemi elektromos töltés  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ , a Planck-állandó  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , a fény terjedési sebessége vákuumban  $c \approx 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , az atomi tömegegység  $u = 1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .



B–2 ábra