

**OLIMPIADA DE CHIMIE**  
**etapa județeană/municipiului București**  
**20 martie 2022**  
**Clasa a XII-a**

- *A követelmények megoldásához használd a tévelsor végén található periódusos rendszert!*
- *Munkaidő három óra.*

**I. Tétel**

**25 pont**

A széndioxid kibocsátás következtében bekövetkező globális felmelegedés kontextusában egyre több ember beszél olyan intézkedések szükségességéről, melyek ezen kibocsátások csökkentését eredményezik.

a) Összehasonlítva a kibocsátott CO<sub>2</sub> mg-ban kifejezett tömegét miközben 1 kJ hő fejlődik, állapítsd meg a globális felmelegedés szempontjából melyik melegítési eljárás előnyösebb: a klasszikus metán gázzal működő hőkazán, mely 110 °C fölötti hőmérsékletű gázokat bocsát ki, vagy a szén alapú fűtésrendszer!

b) Néhány évvel ezelőtt megtiltották a klasszikus hőkazánok beszerelését, helyettük a kondenzációs kazánokat ajánlják, melyeknél a kibocsátott gázok hőmérséklete 50-60°C. Magyarázd meg, miért hatékonyabbak ezek a kazánok és számítsd ki, mennyivel nő ezek termikus hatékonysága a vízgőzők kondenzációjával nyert többlethő százalékában kifejezve!

c) Egy zuhanyozás alatt egy felnőtt átlagosan 60 L, a külső hőmérsékletéről 40°C-os hőmérsékletre melegített vizet használ el. A felnőtt egy jól szigetelt szobában lakik, melyben a hőveszteség egyenesen arányos a környezeti és a külső hőmérséklet különbségével, értéke körülbelül  $p = 30 \text{ J/(K}\cdot\text{s)}$ . Ha a külső hőmérséklet 10 °C, hány órán keresztül lehetne a szoba hőmérsékletét állandó, 22 °C-os értéken tartani azonos hőmennyiséggel, mint amennyi a zuhanyozásra használt el?

d) A hidrazin egy különlegesebb tüzelőanyag. Ezt oxidálószerként oxigénes vízzel (95%) kombinálva sikeresen használják rakéták meghajtására. Írd le redox félreakciók egyenleteit és a globális reakció egyenletét tudva azt, hogy az oxidációs termék a salétromsav!

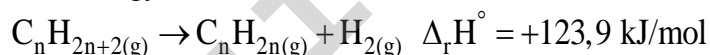
**Úgy tekintjük, hogy a reakciók hőhatása nem függ a hőmérséklettől, a feketeszen 80% C tartalmú, a többi anyag éghetetlen. Elhanyagoljuk az éghetetlen anyagok által elnyelt hőmennyiséget.**

Ismertek a termokémiai adatok:  $\Delta_f H^\circ_{\text{CO}_2(\text{g})} = -393,5 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta_f H^\circ_{\text{CH}_4(\text{g})} = -74,8 \text{ kJ/mol}$ ,  
 $\Delta_f H^\circ_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} = -241,8 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta_{\text{párolgás}} H^\circ_{\text{H}_2\text{O}(\text{f})} = 44 \text{ kJ/mol}$ ,  $c_{\text{H}_2\text{O}} = 4,186 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ ,  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/mL}$

**II. Tétel**

**25 pont**

**A.** Egy A alkán dehidrogénezéséhez szükséges hőmennyiséget az alkán egy részének elégetésével nyerik. A dehidrogénezési reakció termokémiai egyenlete:



a) Határozd meg az A alkán molekulaképletét tudva azt, hogy az alsó fűtőértéke  $q_i = 19,241 \text{ MJ/m}^3$ !

b) Számítsd ki: az A alkán hány százalékát kell elégetni annak érdekében, hogy fedezze a dehidrogénezéshez szükséges hőmennyiséget!

c) Helyezd stabilitásuk növekvő sorrendjébe a dehidrogénezési folyamatban résztvevő szénhidrogéneket!

Ismertek a termokémiai adatok:

$\Delta_f H^\circ_{\text{C}_n\text{H}_{2n+2}(\text{g})} = -103,9 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta_f H^\circ_{\text{CO}_2(\text{g})} = -393,5 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta_f H^\circ_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} = -241,8 \text{ kJ/mol}$

**10 pont**

**B.** Annak érdekében, hogy meghatározzák a CuSO<sub>4</sub> hidratációs entalpiáját, miközben CuSO<sub>4</sub>·5 H<sub>2</sub>O(sz) kristályhidrát keletkezik, feloldanak 3,2 g vízmentes CuSO<sub>4</sub>-t 289,8 g H<sub>2</sub>O-ban, megfigyelték, hogy 318 cal hő fejlődik 291 K-en és 1 atm-n. Ugyanekkora hőmérséklet és nyomás értéken 2,5 g CuSO<sub>4</sub>·5 H<sub>2</sub>O-t oldva  $x$  g H<sub>2</sub>O-ban 28 cal hő nyelődik el.

a) Számítsd ki az  $x$  számértékét, mellyel lehetővé válik a  $\text{CuSO}_4$  hidratációs entalpiájának meghatározása, miközben  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}(\text{sz})$  kristályhidrát keletkezik!

b) Határozd meg a hidratációs entalpia értékét kcal/mol-ban kifejezve, miközben  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}(\text{sz})$  keletkezik  $\text{CuSO}_4(\text{sz})$ -ból és  $\text{H}_2\text{O}(\text{f})$ -ból, 291 K-en és 1 atm-n! **8 pont**

C. Kén-trioxidnak vízbe történő buborékoltatásával egy 437,5 mL térfogatú és 70% koncentrációjú ( $\rho = 1,6 \text{ g/mL}$ ) kénsav mintát állítanak elő.

Határozd meg a savoldat előállításakor felszabadult hőmennyiséget tudva azt, hogy standard körülmények között 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $n$  mol vízben történő oldásakor felszabadult hőmennyiséget az alábbi összefüggés adja meg

$$Q = \frac{74,8 \cdot n}{1,8 + n} \text{ kJ/mol.}$$

Ismertek a következő folyamatok hőhatásai:



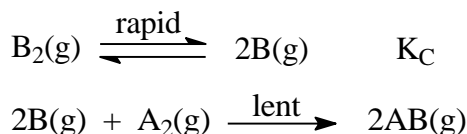
**7 pont**

### III. Tétel

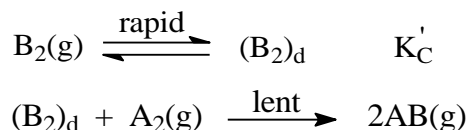
**20 pont**

Egy kémiai reakció esetében a sebességtörvényt több lehetséges mechanizmusból lehet levezetni. A  $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{AB}(\text{g})$  reakció esetében a kísérletileg meghatározott sebességtörvény:  $v = k \cdot [\text{A}_2] \cdot [\text{B}_2]$ . Eredetileg úgy gondolták, hogy a fenti reakció egy egyszerű bimolekuláris reakció, de utólag több lehetséges mechanizmust vettek figyelembe:

(1). mechanizmus:



(2). mechanizmus:



melyben  $(\text{B}_2)_\text{d}$  a  $\text{B}_2$  molekula egy disszociatív állapotát jelenti.

Követelmények:

a) Állapítsd meg, a két javasolt mechanizmus közül melyik van összhangban a kísérletileg meghatározott sebességtörvénnyel tudva, hogy a sebességet a lassú egyenlet határozza meg!

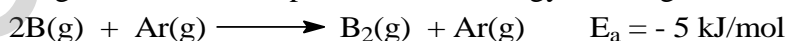
b) Az adott reakció esetében a sebességállandók értékei két különböző hőmérsékleten az alábbi táblázatban vannak feltüntetve:

| T (K)  | k ( $\text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ ) |
|--------|--|
| 373,15 | $10^{-14}$   |
| 473,15 | $10^{-9}$  |

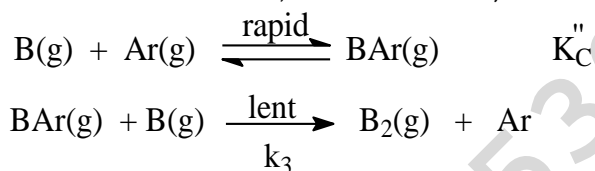
1) Számítsd ki az adott reakció  $E_a$  aktiválási energiájának értékét!

2) Tudva azt, hogy a disszociációs energia 130 kJ/mol, miközben a  $\text{B}_2$  molekula atomokra bomlik, magyarázd meg: miért a második szakasz a sebességet meghatározó mindkét javasolt mechanizmus esetében!

c) Az aktiválási energia negatív is lehet. Erre példa a B atomok egyesülése gázfázisban, argon jelenlétében:



Erre a reakcióra egy javasolt mechanizmus:



ahol BAr egy nagyon gyengén kötött kémiai faj.

Keress egy lehetséges magyarázatot arra nézve, hogy a B atomok rekombinálási reakciójának aktiválási energiája negatív, felhasználva Arrhenius egyenletét és a következő összefüggéseket:  
 $\Delta_r G_T^\circ = -RT \cdot \ln K_C = \Delta_r H^\circ - T \cdot \Delta_r S^\circ$  !

#### IV. Tétel

30 pont

A. Egy  $\text{Sn}^{2+}$  ionokat tartalmazó oldatot potenciometrikusan  $\text{Fe}^{3+}$  ionokat tartalmazó oldattal titrálják. Követelmények:

- Írd le a titráláskor lejátszódó kémiai reakció egyenletét!
- Számítsd ki a standard szabadentalpia változását!
- Határozd meg a titrálási reakció  $K_C$  egyensúlyi állandóját!

Ismertek a standard redukciós potenciál értékek:

$$\varepsilon_{\text{Sn}^{4+}|\text{Sn}^{2+}}^0 = 0,154 \text{ V}, \varepsilon_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}}^0 = -0,44 \text{ V}, \varepsilon_{\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}}^0 = -0,036 \text{ V}$$

9 pont

B. Egy 10 mL térfogatú és 0,1 M koncentrációjú  $\text{Sn}^{2+}$  oldatot 0,2 M koncentrációjú  $\text{Fe}^{3+}$  oldattal titrálják. Az oldatba platina elektród merül, míg viszonyító elektródként a voltmérő negatív sarkához kötve telített kalomel elektródot (ECS) használnak. Követelmények:

- Számítsd ki a kapott elem elektromotoros erejét:
  - az egyensúlyi pontban;
  - mikor 15 mL 0,2 M-os  $\text{Fe}^{3+}$  oldatot adagoltak!
- Írd le a félreakciók egyenleteit és az elektromos áramot létrehozó reakció egyenletét, mikor 15 mL 0,2 M-os  $\text{Fe}^{3+}$  oldatot adagoltak!
- Ábrázold a galvánelemet, mikor 15 mL 0,2 M-os  $\text{Fe}^{3+}$  oldatot adagoltak!

Ismertek a standard redukciós potenciál értékek:

$$\varepsilon_{\text{Sn}^{4+}|\text{Sn}^{2+}}^0 = 0,154 \text{ V}, \varepsilon_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}}^0 = -0,44 \text{ V}, \varepsilon_{\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}}^0 = -0,036 \text{ V}, \varepsilon_{\text{ECS}}^0 = 0,242 \text{ V}$$

13 pont

C. Egy oldatban a  $\text{Cu}^{2+}$  ionok mennyiségi meghatározására szolgáló egyik módszer a jodometriás titrálás. A lejátszódó reakcióban a  $\text{I}^-$  ionok a  $\text{Cu}^{2+}$  ionokat  $\text{Cu}^+$  ionokká redukálják. A felszabadult jód utólag nátrium-tioszulfát oldattal titrálják. Követelmények:

- Írd le a jodometriás titrálásnál végbemenő redox reakció egyenletét!
- Számítsd ki a lejátszódó redox reakció standard elektromotoros erejét!

Ismertek:

-standard redukciós potenciálok:  $\varepsilon_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}^+}^0 = 0,153 \text{ V}, \varepsilon_{\text{I}_2|\text{I}^-}^0 = 0,535 \text{ V}$

- a CuI oldékonysági szorzata 25 °C-on,  $K_{\text{sCuI(s)}} = 1,1 \cdot 10^{-12}$

8 pont

**Informații:**

1) Az  $\text{ox} + n\text{e}^- \rightarrow \text{red}$ , redukción folyamatra a Nernst egyenlet  $25^\circ\text{C}$ -on:

$$\varepsilon_{\text{ox}|\text{red}} = \varepsilon_{\text{ox}|\text{red}}^\circ + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]}, \text{ ahol } [\text{ox}] - \text{ az oxidált alak moláris koncentrációja, } [\text{red}] - \text{ a redukált alak}$$

moláris koncentrációja,  $\varepsilon_{\text{ox}|\text{red}}$  – redukción potenciál,  $\varepsilon_{\text{ox}|\text{red}}^\circ$  – standard redukción potenciál;

2)  $\Delta_r G_T^\circ = \Delta_r H_T^\circ - T \cdot \Delta_r S_T^\circ$ , ahol  $\Delta_r G_T^\circ$  - a reakción standard szabadentalpiája  $T$  hőmérsékleten,  $\Delta_r H_T^\circ$  - standard reakciónentalpia  $T$  hőmérsékleten,  $\Delta_r S_T^\circ$  - a kémiai reakción kísértő entrópia változás.

$\Delta_r G_T^\circ = -nFE^\circ$ , ahol  $n$  – a redox reakción résztvevő elektronok száma,  $F$  – Faraday- szám,  $E^\circ$  - egy redox reakción standard elektromotoros ereje.

$\Delta_r G_T^\circ = -RT \cdot \ln K_C$ , ahol  $K_C$  – a mólkonzentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandó.

3) Egy oldatban az  $X_m Y_n$  csapadék megjelenésekor a szilárd fázis és az oldat között a következő egyenlettel leírt egyensúly áll be:  $X_m Y_{n(s)} \rightleftharpoons mX_{(aq)}^{n+} + nY_{(aq)}^{m-}$ . Az egyensúlyt az  $X_m Y_n$  vegyület

oldékonysági szorzatával jellemezhetjük:  $K_s(X_m Y_n) = [X^{n+}]^m \cdot [Y^{m-}]^n$ .

4) egyetemes gázállandó:  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

5) Avogadro-szám:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

6) Faraday-szám:  $F = 96485 \text{ C/mol}$

7)  $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$

**SOK SIKERT!**

**A tételeket összeállították:**

Iuliana Shajaani, *Colegiul Național "Sf. Sava", București*

Valeria Teoteoi, *Colegiul Național "Tudor Vladimirescu", Tg. Jiu*

Alexandru Sava, *Liceul Tehnologic "Ferdinand I", Curtea de Argeș*

Vasile Sorohan, *Colegiul Național "Costache Negruzzi", Iași*

MELLÉKLET: AZ ELEMEEK PERIÓDUSOS RENDSZERE

|                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1                 | 2                 | 3                 | 4                  | 5                  | 6                  | 7                  | 8                  | 9                  | 10                 | 11                 | 12                 | 13                 | 14                 | 15                 | 16                 | 17                 | 18                 |
| 1A                | 2A                | 3                 | 4                  | 5                  | 6                  | 7                  | 8                  | 9                  | 10                 | 11                 | 12                 | 3A                 | 4A                 | 5A                 | 6A                 | 7A                 | 8A                 |
| 1<br>H<br>1.008   | 2<br>He<br>4.003  | 3<br>Li<br>6.941  | 4<br>Be<br>9.012   | 5<br>B<br>10.81    | 6<br>C<br>12.01    | 7<br>N<br>14.01    | 8<br>O<br>16.00    | 9<br>F<br>19.00    | 10<br>Ne<br>20.18  | 11<br>Na<br>22.99  | 12<br>Mg<br>24.31  | 13<br>Al<br>26.98  | 14<br>Si<br>28.09  | 15<br>P<br>30.97   | 16<br>S<br>32.07   | 17<br>Cl<br>35.45  | 18<br>Ar<br>39.95  |
| 19<br>K<br>39.10  | 20<br>Ca<br>40.08 | 21<br>Sc<br>44.96 | 22<br>Ti<br>47.88  | 23<br>V<br>50.94   | 24<br>Cr<br>52.00  | 25<br>Mn<br>54.94  | 26<br>Fe<br>55.85  | 27<br>Co<br>58.93  | 28<br>Ni<br>58.69  | 29<br>Cu<br>63.55  | 30<br>Zn<br>65.39  | 31<br>Ga<br>69.72  | 32<br>Ge<br>72.61  | 33<br>As<br>74.92  | 34<br>Se<br>78.97  | 35<br>Br<br>79.90  | 36<br>Kr<br>83.80  |
| 37<br>Rb<br>85.47 | 38<br>Sr<br>87.62 | 39<br>Y<br>88.91  | 40<br>Zr<br>91.22  | 41<br>Nb<br>92.91  | 42<br>Mo<br>95.95  | 43<br>Tc<br>(98)   | 44<br>Ru<br>101.1  | 45<br>Rh<br>102.9  | 46<br>Pd<br>106.4  | 47<br>Ag<br>107.9  | 48<br>Cd<br>112.4  | 49<br>In<br>114.8  | 50<br>Sn<br>118.7  | 51<br>Sb<br>121.8  | 52<br>Te<br>127.6  | 53<br>I<br>126.9   | 54<br>Xe<br>131.3  |
| 55<br>Cs<br>132.9 | 56<br>Ba<br>137.3 | 57<br>La<br>138.9 | 72<br>Hf<br>178.5  | 73<br>Ta<br>180.9  | 74<br>W<br>183.8   | 75<br>Re<br>186.2  | 76<br>Os<br>190.2  | 77<br>Ir<br>192.2  | 78<br>Pt<br>195.1  | 79<br>Au<br>197.0  | 80<br>Hg<br>200.6  | 81<br>Tl<br>204.4  | 82<br>Pb<br>207.2  | 83<br>Bi<br>209.0  | 84<br>Po<br>(209)  | 85<br>At<br>(210)  | 86<br>Rn<br>(222)  |
| 87<br>Fr<br>(223) | 88<br>Ra<br>(226) | 89<br>Ac<br>(227) | 104<br>Rf<br>(261) | 105<br>Db<br>(262) | 106<br>Sg<br>(263) | 107<br>Bh<br>(262) | 108<br>Hs<br>(265) | 109<br>Mt<br>(266) | 110<br>Ds<br>(281) | 111<br>Rg<br>(272) | 112<br>Cn<br>(285) | 113<br>Nh<br>(286) | 114<br>Fl<br>(289) | 115<br>Mc<br>(289) | 116<br>Lv<br>(293) | 117<br>Ts<br>(294) | 118<br>Og<br>(294) |

|                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 58<br>Ce<br>140.1 | 59<br>Pr<br>140.9 | 60<br>Nd<br>144.2 | 61<br>Pm<br>(145) | 62<br>Sm<br>150.4 | 63<br>Eu<br>152.0 | 64<br>Gd<br>157.3 | 65<br>Tb<br>158.9 | 66<br>Dy<br>162.5 | 67<br>Ho<br>164.9 | 68<br>Er<br>167.3  | 69<br>Tm<br>168.9  | 70<br>Yb<br>173.0  | 71<br>Lu<br>175.0  |
| 90<br>Th<br>232.0 | 91<br>Pa<br>231.0 | 92<br>U<br>238.0  | 93<br>Np<br>(237) | 94<br>Pu<br>(244) | 95<br>Am<br>(243) | 96<br>Cm<br>(247) | 97<br>Bk<br>(247) | 98<br>Cf<br>(251) | 99<br>Es<br>(252) | 100<br>Fm<br>(257) | 101<br>Md<br>(258) | 102<br>No<br>(259) | 103<br>Lr<br>(262) |