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

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

## I. Tétel — 25 pont

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

**a)** Összehasonlítva a kibocsájtott $CO_2$ 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 gázakat bocsájt ki, vagy a szén alapú fűtésrendszer!

**b)** Néhány évvel ezelőtt megtiltották a klasszikus hőkazánok beszerelését, helyettük a kondenzációs kazánokat ajánlják, melyeknél a kibocsájtott gázak 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 hőmérsékletről 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 J/(K·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 használódott 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 feketeszén 80% C tartalmú, a többi anyag éghetetlen. Elhanyagoljuk az éghetetlen anyagok által elnyelt hőmennyiséget.**

Ismertek a termokémiai adatok: $\Delta_f H^\circ_{CO_2(g)} = -393{,}5\ \text{kJ/mol}$, $\Delta_f H^\circ_{CH_4(g)} = -74{,}8\ \text{kJ/mol}$, $\Delta_f H^\circ_{H_2O(g)} = -241{,}8\ \text{kJ/mol}$, $\Delta_{\text{párolgás}} H^\circ_{H_2O(f)} = 44\ \text{kJ/mol}$, $c_{H_2O} = 4{,}186\ \text{J/(g}\cdot\text{K)}$, $\rho_{H_2O} = 1\ \text{g/mL}$

## II. Tétel — 25 pont

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

$$C_nH_{2n+2(g)} \rightarrow C_nH_{2n(g)} + H_{2(g)} \quad \Delta_r H^\circ = +123{,}9\ \text{kJ/mol}$$

**a)** Határozd meg az A alkán molekulaképletét tudva azt, hogy az alsó fűtőértéke $q_i$ = 19,241 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:

$\Delta_f H^\circ_{C_nH_{2n+2(g)}} = -103{,}9\ \text{kJ/mol}$, $\Delta_f H^\circ_{CO_2(g)} = -393{,}5\ \text{kJ/mol}$, $\Delta_f H^\circ_{H_2O(g)} = -241{,}8\ \text{kJ/mol}$

**10 pont**

**B.** Annak érdekében, hogy meghatározzák a $CuSO_4$ hidratációs entalpiáját, miközben $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$(sz) kristályhidrát keletkezik, feloldanak 3,2 g vízmentes $CuSO_4$-t 289,8 g $H_2O$-ben, megfigyelték, hogy 318 cal hő fejlődik 291 K-en és 1atm-n. Ugyanekkora hőmérséklet és nyomás értéken 2,5 g $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$-t oldva ***x*** g $H_2O$-ben 28 cal hő nyelődik el.



Prasov - 2049

**a)** Számítsd ki az ***x*** számértékét, mellyel lehetővé válik a $CuSO_4$ hidratációs entalpiájának meghatározása, miközben $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O(sz)$ kristályhidrát keletkezik!

**b)** Határozd meg a hidratációs entalpia értékét kcal/mol-ban kifejezve, miközben $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O(sz)$ keletkezik $CuSO_4(sz)$-ból és $H_2O(f)$-ből, 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 g/mL) kénsav mintát állítanak elő.

Határozd meg a savoldat előállításakor felszabadult hőmennyiséget tudva azt, hogy standard körülmények között 1 mol $H_2SO_4$ ***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:

$$SO_{3(g)} \rightarrow SO_{3(\ell)} \quad \Delta H_1^\circ = -33\ \text{kJ/mol}$$

$$SO_{3(\ell)} + H_2O_{(\ell)} \rightarrow H_2SO_{4(\ell)} \quad \Delta_r H_2^\circ = -97\ \text{kJ/mol}$$ **7 pont**

## III. Tétel **20 pont**

Egy kémiai reakció esetében a sebességtörvényt több lehetséges mechanizmusból lehet levezetni. A $A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g)$ reakció esetében a kísérletileg meghatározott sebességtörvény: $v = k \cdot [A_2] \cdot [B_2]$. Eredetileg úgy gondolták, hogy a fenti reakció egy egyszerű bimolekuláris reakció, de utólag több lehetséges mechanizmust vettek figyelembe:

(1). mechanizmus:

$$B_2(g) \underset{\text{rapid}}{\rightleftharpoons} 2B(g) \qquad K_C$$

$$2B(g) + A_2(g) \xrightarrow{\text{lent}} 2AB(g)$$

(2). mechanizmus:

$$B_2(g) \underset{\text{rapid}}{\rightleftharpoons} (B_2)_d \qquad K_C'$$

$$(B_2)_d + A_2(g) \xrightarrow{\text{lent}} 2AB(g)$$

melyben $(B_2)_d$ a $B_2$ 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 $(mol^{-1} \cdot L \cdot s^{-1})$ |
|---|---|
| 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 $B_2$ 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:

$$2B(g) + Ar(g) \longrightarrow B_2(g) + Ar(g) \qquad E_a = -5\ \text{kJ/mol}$$

Erre a reakcióra egy javasolt mechanizmus:

Brașov - 2049

$$B(g) + Ar(g) \underset{}{\overset{\text{rapid}}{\rightleftharpoons}} BAr(g) \qquad K_C''$$

$$BAr(g) + B(g) \xrightarrow[k_3]{\text{lent}} B_2(g) + Ar$$

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 $Sn^{2+}$ ionokat tartalmazó oldatot potenciometrikusan $Fe^{3+}$ ionokat tartalmazó oldattal titrálnak. Követelmények:

**a)** Írd le a titráláskor lejátszódó kémiai reakció egyenletét!

**b)** Számítsd ki a standard szabadentalpia változását!

**c)** Határozd meg a titrálási reakció $K_C$ egyensúlyi állandóját!

Ismertek a standard redukciós potenciál értékek:

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

**9 pont**

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

**a)** Számítsd ki a kapott elem elektromotoros erejét:

**1)** az egyensúlyi pontban;

**2)** mikor 15 mL 0,2 M-os $Fe^{3+}$ oldatot adagoltak!

**b)** Írd le a félreakciók egyenleteit és az elektromos áramot létrehozó reakció egyenletét, mikor 15 mL 0,2 M-os $Fe^{3+}$ oldatot adagoltak!

**c)** Ábrázold a galvánelemet, mikor 15 mL 0,2 M-os $Fe^{3+}$ oldatot adagoltak!

Ismertek a standard redukciós potenciál értékek:

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

**13 pont**

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

**a)** Írd le a jodometriás titrálásnál végbemenő redox reakció egyenletét!

**b)** Számítsd ki a lejátszódó redox reakció standard elektromotoros erejét!

Ismertek:

-standard redukciós potenciálok: $\varepsilon^0_{Cu^{2+}|Cu^+} = 0{,}153 \text{ V}, \varepsilon^0_{I_2|I^-} = 0{,}535 \text{ V}$

- a CuI oldékonysági szorzata 25 $^0$C-on, $K_{s_{CuI(s)}} = 1{,}1 \cdot 10^{-12}$

**8 pont**

Brașov - 2049

**Információk:**

**1)** Az $ox + ne^- \rightarrow red,$ redukciós folyamatra a Nernst egyenlet 25 $^0$C-on:

$\varepsilon_{ox|red} = \varepsilon^\circ_{ox|red} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[ox]}{[red]}$, ahol [ox] – az oxidált alak moláris koncentrációja, [red] – a redukált alak moláris koncentrációja, $\varepsilon_{ox|red}$ – redukciós potenciál, $\varepsilon^\circ_{ox|red}$ – standard redukciós potenciál;

**2)** $\Delta_r G^\circ_T = \Delta_r H^\circ_T - T \cdot \Delta_r S^\circ_T$, ahol $\Delta_r G^\circ_T$ - a reakció standard szabadentalpiája T hőmérsékleten, $\Delta_r H^\circ_T$ - standard reakcióentalpia T hőmérsékleten, $\Delta_r S^\circ_T$ - a kémiai reakciót kísérő entrópia változás.

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

$\Delta_r G^\circ_T = -RT \cdot \ln K_C$, ahol $K_C$ – a mólkoncentrációkkal 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: $X_m Y_{n(s)} \rightleftarrows m X^{n+}_{(aq)} + n Y^{m-}_{(aq)}$. 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: $R = 0,082\ atm \cdot dm^3 \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} = 8,314\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$

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

**6)** Faraday-szám: F = 96485 C/mol

**7)** $1\ MJ = 10^6\ J$

**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*

Brasov - 2049

# MELLÉKLET: AZ ELEMEK PERIÓDUSOS RENDSZERE



| 1<br>1A | 2<br>2A | 3<br>3B | 4<br>4B | 5<br>5B | 6<br>6B | 7<br>7B | 8<br>8B | 9<br>8B | 10<br>8B | 11<br>1B | 12<br>2B | 13<br>3A | 14<br>4A | 15<br>5A | 16<br>6A | 17<br>7A | 18<br>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) |

Brasov - 2049