

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

- *A követelmények megoldásához használd a tételek 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  $\text{CO}_2$  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  $110^\circ\text{C}$  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  $50-60^\circ\text{C}$ . 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  $40^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletre melegített vizet használ el. A felnőtt egy jól szigetelt szobában lakik, melyben a hővesztesség egyenesen arányos a környezeti és a külső hőmérséklet különbségével, értéke körülbelül  $p = 30 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{s})$ . Ha a külső hőmérséklet  $10^\circ\text{C}$ , hány órán keresztül lehetne a szoba hőmérsékletét állandó,  $22^\circ\text{C}$ -os értéken tartani azonos hőmennyiséggel, mint amennyi a zuhanyozásra használdott 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!

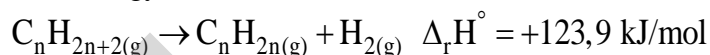
**Úgy tekintjük, hogy a reakciók hőhatása nem függ a hőmérséklettől, a feketeszen 80% C tartalmú, a többi anyag éghetetlen. Elhanyagoljuk az éghetetlen anyagok által elnyelt hőmennyiséget.**

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

**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  $\text{CuSO}_4$  hidratációs entalpiáját, miközben  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}(\text{sz})$  kristályhidrát keletkezik, feloldanak 3,2 g vízmentes  $\text{CuSO}_4$ -t 289,8 g  $\text{H}_2\text{O}$ -ben, megfigyelték, hogy 318 cal hő fejlődik  $291 \text{ K}$ -en és 1 atm-n. Ugyanekkora hőmérséklet és nyomás értéken 2,5 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ -t oldva  $x \text{ g H}_2\text{O}$ -ben 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:



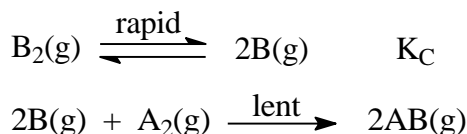
**7 pont**

### III. Tétel

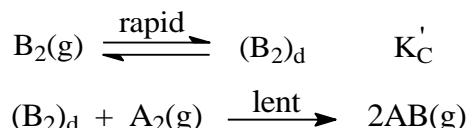
**20 pont**

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!

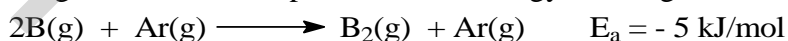
b) Az adott reakció esetében a sebességállandók értékei két különböző hőmérsékleten az alábbi táblázatban vannak feltüntetve:

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

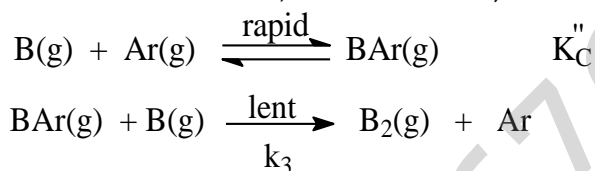
1) Számítsd ki az adott reakció  $E_a$  aktiválási energiájának értékét!

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 kísért entropia 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 ELEMÉK 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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	2																		
H 1.008	He 4.003	Li 6.941	Be 9.012	B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18	Na 22.99	Mg 24.31	Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95																		
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36										
Na 22.99	Mg 24.31	Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95	K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.39	Ga 69.72	Ge 72.61	As 74.92	Se 78.97	Br 79.90	Kr 83.80										
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	
Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.95	Tc (98)	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3	Cs 132.9	Ba 137.3	La 138.9	Ce 140.1	Pr 140.9	Nd 144.2	Pm (145)	Sm 150.4	Eu 152.0	Gd 157.3	Tb 158.9	Dy 162.5	Ho 164.9	Er 167.3	Tm 168.9	Yb 173.0	Lu 175.0	
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
Fr (223)	Ra (226)	Ac (227)	Th 232.0	Pa 231.0	U 238.0	Np (237)	Pu (244)	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (251)	Es (252)	Fm (257)	Md (258)	No (259)	Lr (262)	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.8	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197.0	Hg 200.6	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209.0	Po (209)	At (210)	Rn (222)	Og (294)			

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