



A program részben az Emberi Erőforrások Minisztériuma megbízásából a Nemzeti Tehetség Program és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő által meghirdetett NTP-TMV-M-B-0020 azonosítószámú pályázati támogatásból valósul meg.

Tanuló neve és kategóriája

Iskolája

Osztálya (mostani!)

## LII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny

2020. szeptember 10.

### Országos döntő (írásbeli rész) – II.a, II.b és II.c kategória

- Munkaidő:** ✓ Kérjük, hogy erre a címoldalra ne írj feladatmegoldást, csak fentre (a pontozott vonalakra)  
**180 perc** a nevedet, kategóriádat, iskoládat, és hogy melyik osztályba jársz jelenleg!
- Összesen:** ✓ Ezeket az adatokat a többi oldalon már ne add meg, kizárólag itt a címoldalon!
- 180 pont** ✓ A feladatok megoldásához segédeszközként a címoldalon (lentebb) található periódusos rendszer, valamint toll és számológép használható.
- ✓ A számolási feladatokat külön lapokon oldd meg (egy lapra több feladat megoldása is kerülhet), az elméleti feladatokat pedig a feladatlapon!

1 H 1,008																	2 He 4,003
3 Li 6,94	4 Be 9,01											5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18
11 Na 22,99	12 Mg 24,30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,64	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,80
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,96	43 Tc -	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,87	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29
55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 La 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,95	74 W 183,84	75 Re 186,21	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,97	80 Hg 200,59	81 Tl 204,38	82 Pb 207,2	83 Bi 208,98	84 Po 209,0	85 At 210,0	86 Rn 222,0
87 Fr 223	88 Ra 226	89 Ac 227	104 Rf 267	105 Db 268	106 Sg 269	107 Bh 270	108 Hs 269	109 Mt 278	110 Ds 281	111 Rg 282	112 Cn 285	113 Nh 286	114 Fl 289	115 Mc 289	116 Lv 293	117 Ts 294	118 Og 294
			58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm 145	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,93	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,05	71 Lu 174,97	
			90 Th 232,04	91 Pa 231,04	92 U 238,03	93 Np 237	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 252	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 266	

Feladatkészítők: Dóbéné Cserjés Edit, Forgács József, Lente Gábor, Markovics Ákos, Márkus Teréz, Musza Katalin, Nagy Mária, Pálinkó István, Tóth Albertné, Tóth Imre, Várnagy Katalin

Szerkesztő: Ósz Katalin ([oszk@gamma.ttk.pte.hu](mailto:oszk@gamma.ttk.pte.hu))

Lektorok: Bárány Zsolt Béla, Körtvélyessy Gyula, Várnagy Katalin

## Feladatsor

### Elmélet

#### E1. feladat

**15 pont**

- a) A következő anyagokból válaszd ki azt a hármat, amelyek közös tulajdonsága, hogy reagálnak kálium-jodiddal! A kiválasztott anyagokkal írd fel a rendezett reakcióegyenleteket!  
**H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH, NaNO<sub>3</sub>, AgNO<sub>3</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>**

$2 \text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{I}_2 + 2 \text{KOH}$	<b>Minden helyesen felírt egyenlet 2-2 pont. Ha jók a reaktánsok és termékek, de nem jól van rendezve az egyenlet, akkor csak 1 pont. Az egyenletek sorrendje felcserélhető.</b>
$\text{KI} + \text{AgNO}_3 = \text{AgI} + \text{KNO}_3$	
$2 \text{KI} + \text{Cl}_2 = 2\text{KCl} + \text{I}_2$	
<b>Összesen: max. 6 pont</b>	

- b) A következő anyagokból válaszd ki azt a hármat, amelyek közös tulajdonsága, hogy vizes oldatuk savas kémhatású! A kiválasztott anyagok esetében írd fel a kémhatást igazoló egyenletet! **Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NaHSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, NaCl, piridin, etanol**

$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$	<b>Minden helyesen felírt egyenlet 1-1 pont. Az egyenletek sorrendje felcserélhető.</b>
$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$	
$\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$	
<b>Összesen: max. 3 pont</b>	

- c) A következő anyagokból válaszd ki azt a hármat, amelyek közös tulajdonsága, hogy levegőn való hevítés hatására megváltozik a színük! A kiválasztott anyagokkal írd fel a hevítés hatására bekövetkező változás kémiai egyenletét! Add meg a kiindulási vegyület és a keletkező termék színét is! **CaCO<sub>3</sub>, Cu, CuO, Cu(OH)<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O, NaCl**

$2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$		<b>Összesen: max. 6 pont</b>
<i>Kiindulási anyag színe: vörös</i>	<i>Termék színe: fekete</i>	
$\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$		
<i>Kiindulási anyag színe: (világos)kék</i>	<i>Termék színe: fekete</i>	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$		
<i>Kiindulási anyag színe: kék</i>	<i>Termék színe: fehér</i>	

**E2. feladat****10 pont**

Egy, a TNT-hez hasonló robbanóanyag, a hexogén összetétele: 16,22 tömeg% szén, 37,84 tömeg% nitrogén, 43,24 tömeg% oxigén mellett hidrogént is tartalmaz. Milyen tapasztalati képletre következtethetünk ebből?

*Számolás:*

$C_xH_yN_zO_w$  képletű, benne a H-tartalom  $100\% - 16,22\% - 37,84\% - 43,24\% = 2,70$  tömeg%

$$x:y:z:w = \frac{16,22}{12,01} : \frac{2,70}{1,008} : \frac{37,84}{14,01} : \frac{43,24}{16,00} = 1,35:2,68:2,70:2,70 \approx$$

$$\approx 1:2:2:2$$

1 pont

1 pont

1 pont

Tapasztalati képlet:  $(CH_2N_2O_2)_n$  ahol  $n = 1, 2, 3, \dots$  vagy  $CH_2N_2O_2$

1 pont

Moláris tömege: 222 g/mol. Mi a molekulaképlete?

*Számolás:*

$$n = 222 : [12,01 + (2 \cdot 1,008) + (2 \cdot 14,01) + (2 \cdot 16,00)] = 3$$

Molekulaképlet:  $C_3H_6N_6O_6$  vagy  $(CH_2N_2O_2)_3$

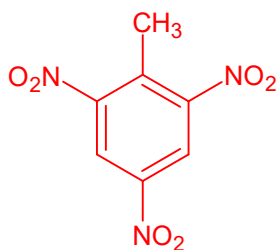
1 pont

Mit rövidít a TNT név? Írd fel szerkezeti képletét! A TNT szabályos neve: 2-metil-1,3,5-trinitrobenzol.

*Mit rövidít a TNT?*

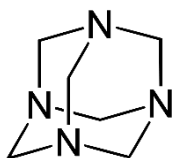
trinitro-toluol

1 pont

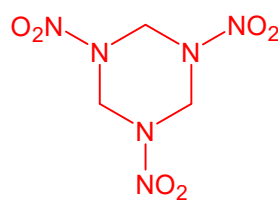
*TNT szerkezeti képlete:*

2 pont

A hexogén előállítható a lent látható hexametilén-tetraminból (aminek a szabályos neve: 1,3,5,7-tetraaza-triciklodekán), tömény salétromsavval. A hexogén nem aromás, de gyűrűs vegyület. Mi lehet a szerkezeti képlete, ha tudjuk, hogy benne N–N kötések vannak?



A hexametilén-tetramin  
(1,3,5,7-tetraaza-  
triciklodekán) szerkezete

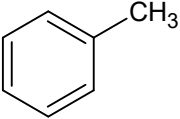
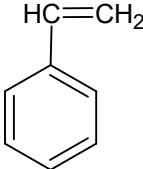
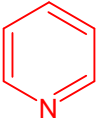
*Hexogén szerkezeti képlete:*

2 pont

## E3. feladat

15 pont

a) Töltsd ki a táblázat hiányzó adatait!

Sorszám	A vegyület szabályos vagy hétköznapi neve:	A vegyület atomcsoportos képlete:
1.	2-klórbután	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
2.	2-hidroxi-propánsav vagy tejsav	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH}$
3.	metilbenzol vagy toluol	
4.	buta-1,3-dién	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
5.	i-bután vagy 2-metilpropán	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$
6.	aminoecetsav vagy glicin	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH} \text{ vagy } ^+\text{H}_3\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-$
7.	vinil-benzol vagy sztírol	
8.	1,2-diklóretén	$\text{ClCH}=\text{CHCl}$
9.	piridin	
10.	szőlőcukor vagy glükóz vagy D-glükóz	$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{OH} & \text{H} & \text{H} \\ &   &   &   &   &   &   \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} \\ &   &   &   &   &   & // \\ & \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} & \text{H} & \text{OH} & \text{O} \end{array}$

Minden helyesen felírt név vagy képlet 1-1 pont.  
Összesen: max. 10 pont

- b) A következő sorokban olyan kémiai fogalmak, jelenségek, reakciótípusok vannak, amelyek az előző oldali táblázatban szereplő vegyületekre vonatkoznak. Az állítások utáni oszlopba írd be a megfelelő vegyület sorszámát (1-10)! Minden szám csak egyszer szerepelhet!

Paraffin, és a molekulájában van harmadrendű szénatom.	5
Heteroaromás vegyület.	9
Van olyan reakciója, melyben a Zajcev-szabály érvényesül.	1
A polimerizációja szintetikus kaucsukot eredményez.	4
Vizes oldatban a molekula ikerionként van jelen.	6
A molekula gyűrűs szerkezete is ismert.	10
A molekulának <i>cisz-transz</i> izomerje van.	8
Hosszú ideig az izomláz okozójának hitt, optikailag aktív vegyület.	2
Poliaddíciós termékét nem vulkanizálják.	7
Halogénnel való szubsztitúciós reakciója az alkalmazott katalizátor anyagi minőségétől függően az oldallácon, vagy az aromás gyűrű szénatomján megy végbe.	3

Összesen: max. 5 pont  
Minden helyes sorszám 0,5-0,5 pont.

#### E4. feladat

8 pont

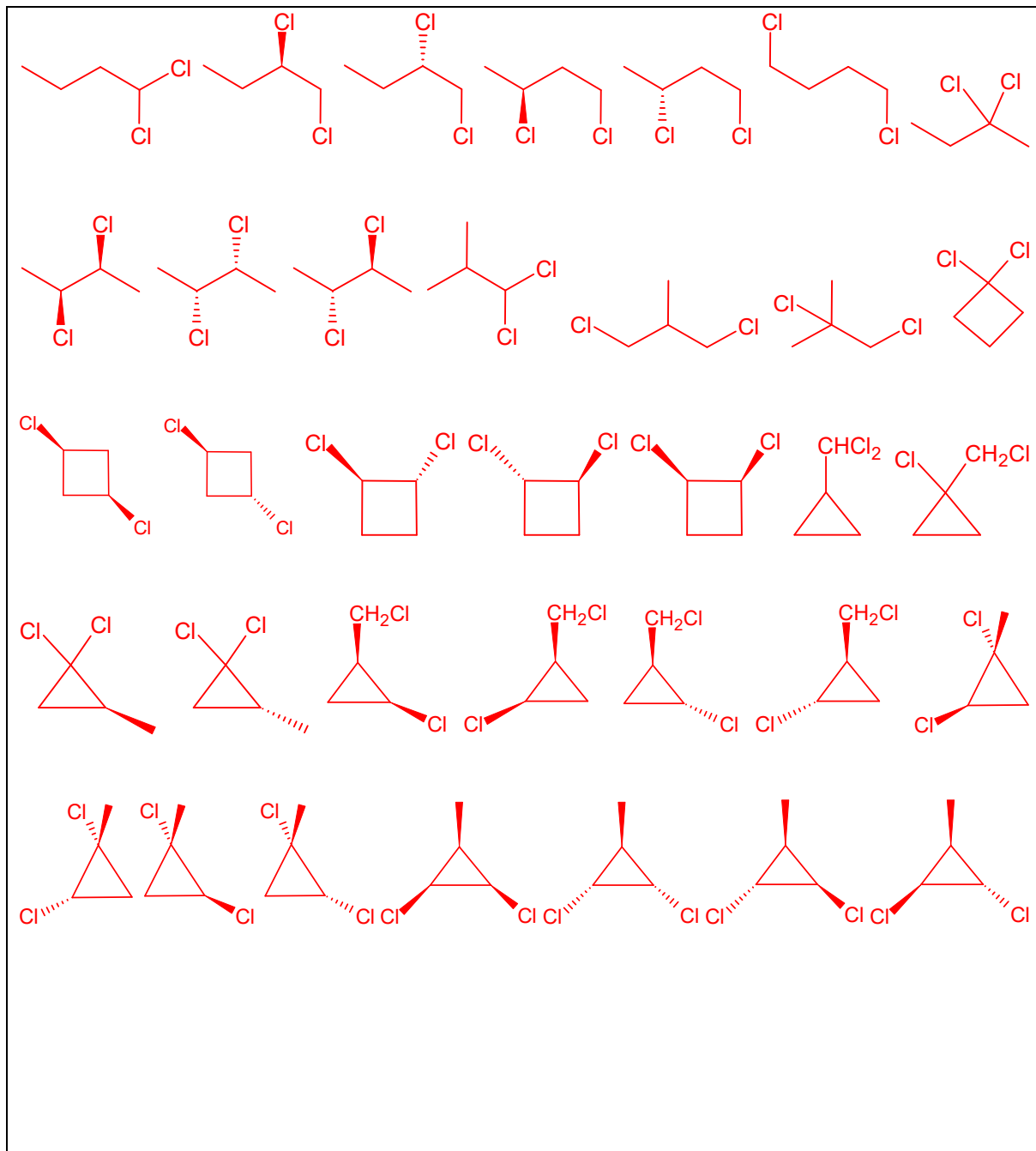
Állítsd növekvő sorrendbe az alábbi anyagokat az alábbi tulajdonságok alapján:

C–C–C kötésszöge alapján: <b>benzol, ciklohexán, propin</b>
ciklohexán < benzol < propin
forráspont alapján: <b><i>n</i>-pentán, neopentán (2,2-dimetilpropán), pentanol, ciklopentanon</b>
neopentán < <i>n</i> -pentán < ciklopentanon < pentanol
izomerjeinek száma alapján: <b>pentán, propán, butén, bután</b>
propán < bután < pentán < butén
a szénatom oxidációs állapota szerint: <b>metán, szénsav, metanol, formamid</b>
metán < metanol < formamid < szénsav

Csak teljesen jó sorbaállításra jár pont, soronként 2-2 pont!

**E5. feladat****20 pont**

Rajzold fel a 35 lehetséges közül 20 (azaz maximum 20!), négy szénatomos telített vegyület szerkezeti képletét, amelyek a szén- és hidrogénatomokon kívül két klóratomot tartalmaznak! A tükörképi párok is külön-külön megoldásnak számítanak, ha nem egyeznek meg egymással!



Minden helyes szerkezet 1-1 pont. **Összesen: max. 20 pont (akkor is, ha többet felrajzolt!).** Ha vannak hibásak is, azért nem jár pontlevonás.

**E6. feladat****10 pont**

Egy kémcsőállványban 4 kémcsőben oldatok voltak. A kémcsövek jelölése: A, B, C és D. A kémcsőekben az alábbi öt vegyület vizes oldata közül négy található meg: **cink(II)-klorid**, **kálium-jodid**, **ólom(II)-nitrát**, **réz(II)-klorid**, **hidrogén-klorid**. Az alábbiakat tudjuk a kémcsőekben levő oldatokról:

- A: színtelen oldat
- B: kékszínű oldat
- C: színtelen oldat
- D: színtelen oldat

Kísérletek: valamennyi mintából kémcsövekbe kb. fél ujjnyi magasságú folyadékot töltöttünk.

Minden oldatot minden másikkal összeöntöttünk, és az alábbi tapasztalatokat jegyeztük fel:

- A + B: fehér csapadék  
 A + C: fehér csapadék  
 A + D: élénksárga csapadék  
 B + D: fekete csapadék, az oldat színe halványodik

(A felsorolásban nem szereplő párok esetén nem tapasztaltunk változást.)

Határozd meg, hogy melyik kémcső mit tartalmazott, és írd fel a megadott tapasztalatokat leíró reakcióegyenleteket!

### Tapasztalatok elemzése

A fentebb szereplő ismereteknek a birtokában határozd meg, milyen vegyületet tartalmaznak az A, B, C és D kémcsövek! A vegyületeket ne névvel, hanem képlettel add meg!

**Az egyes kémcsövekben lévő vegyületek:**

	A oldat	B oldat	C oldat	D oldat
Vegyület:	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{CuCl}_2$	$\text{HCl}$	$\text{KI}$

**A kimaradt vegyület:**



Mind az 5 jó képlet jó helyen 1-1 pont, összesen 5 pont.

Írj reakcióegyenletet minden csapadékképződéssel járó reakcióhoz! Akármilyen reakcióegyenlet (akár ionegyenlet is) elfogadható, de csak ha helyesek a képletek és jó a rendezés!

### Reakcióegyenletek

Kémcsövek betűjelei:	Az összeöntés során bekövetkezett változások reakcióegyenletei:
A + B	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{CuCl}_2 = \underline{\text{PbCl}_2} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ vagy $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \underline{\text{PbCl}_2}$ <p style="text-align: right;"><b>1 pont</b></p>
A + C	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \underline{\text{PbCl}_2} + 2\text{HNO}_3$ vagy $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \underline{\text{PbCl}_2}$ vagy $\text{Pb}^{2+} + 2\text{HCl} = \underline{\text{PbCl}_2} + 2\text{H}^+$ <p style="text-align: right;"><b>1 pont</b></p>
A + D	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} = \underline{\text{PbI}_2} + 2\text{KNO}_3$ vagy $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- = \underline{\text{PbI}_2}$ <p style="text-align: right;"><b>1 pont</b></p>
B + D	$2\text{CuCl}_2 + 4\text{KI} = 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 4\text{KCl}$ vagy $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- = 2\text{CuI} + \text{I}_2$ <p style="text-align: right;"><b>2 pont</b>                      (Ha jó a keletkezett termékek közül vagy a CuI (esetleg <math>\text{Cu}^+</math>) vagy a <math>\text{I}_2</math> vagy mindkettő, de nem jó a rendezés: 1 pont)</p>

## Számolás

### Sz1. feladat

22 pont

Két háztulajdonos vitatkozik, hogy melyikük fűtési rendszere korszerűbb és gazdaságosabb. Aladár elektromos fűtőfóliát telepített, mely az elektromos áram hőhatását szinte teljes mértékben kihasználva, a padlót melegíti. Béla kondenzációs gázkazánt terveztetett a házába, melynek lényege, hogy az égéstermékek a hagyományos gázkazánoknál alacsonyabb hőmérsékleten távoznak a kéményen át. A kondenzációs kazánokban – ahogy a nevük is utal erre – a füstgázok vízgőztartalma már jórészt a készülék belsejében lecsapódik, így a fűtési rendszernek átadja a benne rejlő rejtett hőenergiát is.<sup>1</sup>

Béla havi földgázfogyasztása – mely csak fűtésre fordítódik – mintegy 200 m<sup>3</sup> egy átlagos téli hónapban. A szolgáltató tájékoztatása alapján a gáz összetétele 97% metán, 1% etán, a többi gáz mennyisége elhanyagolható.

- Írd fel a földgáz égésének kémiai egyenleteit, és számítsd ki a folyamatok reakcióhőjét hagyományos és kondenzációs gázkazán esetére is! (Tételezzük fel, hogy a hagyományos kazánban csak vízgőz, a kondenzációsban csak cseppfolyós víz keletkezik!)
- Mennyi a földgáz égéshője a két esetben MJ/m<sup>3</sup> egységben kifejezve, standard állapotban?
- Mennyi lenne Béla havi fogyasztása, ha nem kondenzációs kazánja lenne? Mennyit spórol egy hónapban, ha egy m<sup>3</sup> gáz ára 100 Ft körül van?
- Hány kWh villamos energia tudná Béla házának energiaigényét fedezni és ez mennyibe kerülne, ha tudjuk, hogy 1 kWh más mértékegységben 3,6 MJ-nak felel meg? 1 kWh villamos energia ára közelítőleg 35 Ft. Energiatartalmukat nézve melyik az olcsóbb?
- Hány tonna szén-dioxid távozik évente Béla kéményén, ha évente 1500 m<sup>3</sup> földgázt fogyaszt?

A következő képződéshő adatok ismertek:  $\Delta_k H(\text{CO}_2) = -394$  kJ/mol,  $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}_{(f)}) = -286$  kJ/mol,  $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}_{(g)}) = -242$  kJ/mol,  $\Delta_k H(\text{CH}_4) = -75$  kJ/mol,  $\Delta_k H(\text{C}_2\text{H}_6) = -84$  kJ/mol.

- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (1. egyenlet) 1 pont  
 $\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5 \text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$  (2. egyenlet) 1 pont  
 $\Delta_r H = [(-394)+2(-242)]-[-75] = -803$  kJ/mol (1. vízgőzzel – hagyományos) 1 pont  
 $\Delta_r H = [(-394)+2(-286)]-[-75] = -891$  kJ/mol (1. foly. vízzel – kondenzációs) 1 pont  
 $\Delta_r H = [2(-394)+3(-242)]-[-84] = -1430$  kJ/mol (2. vízgőzzel – hagyományos) 1 pont  
 $\Delta_r H = [2(-394)+3(-286)]-[-84] = -1562$  kJ/mol (2. foly. vízzel – kondenzációs) 1 pont
- 1 m<sup>3</sup> földgáz standard állapotban 1000/24,5 = 40,8 mol 1 pont  
Ebből metán: 40,8 mol · 0,97 = 39,6 mol → 39,6 mol · 0,803 MJ/mol = 31,8 MJ (hagyományos) vagy 35,3 MJ (kondenzációs) 2 pont

<sup>1</sup> KIEGÉSZÍTÉSEK az Sz1 feladathoz, melyek ismerete nem szükséges a feladat megoldásához:

Valójában sem a normál kazánban, sem a kondenzációsban nem használódik fel a teljes képződött hő, hiszen az égéshőben mind a kiindulási anyagok, mind az égéstermékek normál állapotúak, tehát a forró füstgázok által elvitt látens hőt a számításkor elhanyagoljuk. Ez a kondenzációs kazán előnyéhez képest nyilván nem sok, de elvi hiba.

Ha kiszámolnánk, hogy egy gázzal működő hőerőmű mennyi szén-dioxidot ereszt ki ahhoz, hogy a feladatban kiszámolt adott hőt kiadó villamos fűtőrendszer energiamentiségét megtermelje, sokkal több tonna szén-dioxid jönne ki, tekintettel arra, hogy a gázturbinás hőerőművek a bevitt szénhidrogén égéshőjének csak 20-40%-át hasznosítják, a feladatban meg szinte az egészet. Ezért is olyan drága a villamosenergia, de egyáltalán nem környezetbarátabb, ha hőerőművekben állítjuk elő.



- Etán:  $40,8 \text{ mol} \cdot 0,01 = 0,408 \text{ mol} \rightarrow 0,58 \text{ MJ}$  (hagyományos) vagy  $0,64 \text{ MJ}$  (kond.) **2 pont**  
 Így az égéshő:  $32,4 \text{ MJ/m}^3$  vagy  $35,9 \text{ MJ/m}^3$ . **1 pont**
- c) Béla fogyasztása havonta  $200 \cdot 35,9 / 32,4 = 221,6 \text{ m}^3$  lenne. **1 pont**  
 Havonta  $21,6 \text{ m}^3$ -t, azaz  $21,6 \cdot 100 = 2160 \text{ Ft}$ -ot takarít meg. **2 pont**
- d)  $200 \cdot 35,9 / 3,6 = 1994 \text{ kWh}$ , ami  $1994 \cdot 35 = 69805 \text{ Ft}$ , a gáz lényegesen olcsóbb. **2 pont**
- e)  $1500 \text{ m}^3$  az  $1500 \cdot 40,8 \text{ mol} = 61200 \text{ mol}$  földgáz. **1 pont**  
 Ebből metán  $59364 \text{ mol}$ , amiből szén-dioxid keletkezik  $59364 \text{ mol}$ . **1 pont**  
 Etán  $612 \text{ mol}$ , amiből szén-dioxid keletkezik  $1224 \text{ mol}$ . **1 pont**  
 Összesen  $60588 \text{ mol CO}_2$ , ami  $2665872 \text{ g} = 2,67 \text{ t}$ . **2 pont**

## Sz2.

**22 pont**

Valamely szénhidrogént (A) 1:1 anyagmennyiség arányban klórgázzal reagáltatnak. Amennyiben a vegyület homológ sorozatának következő tagjával (B) is elvégzik ugyanezt a reakciót, akkor a halogénezett származék moláris tömege  $11,08\%$ -kal tér el az előző klórozott vegyület moláris tömegétől. Mi a két szénhidrogén (A és B) neve? Addíció vagy szubsztitúció történt? Nevezd meg az A szénhidrogén klórozásával előállítható vegyületeket, és írd fel a szerkezeti képletüket! *Fontos, hogy a címlapon található periódusos rendszerben szereplő pontos atomtömegekkel számolj!*

Ha azt feltételezzük, hogy **szubsztitúció** történik, akkor az első klórozott szénhidrogén a  $C_xH_yCl$  lesz, ennek a moláris tömege:  $M_{A-Cl} = 12,01x + 1,008y + 35,45$  **1 pont**

Szomszédos tagjának moláris tömege: a  $-CH_2-$  (metilén csoport) miatt  $12,01 + (2 \cdot 1,008) = 14,026 \text{ g/mol}$ -al nagyobb. **1 pont**

ha  $11,08\%$  eltérés =  $14,026 \text{ g}$ , **1 pont**

akkor  $100\% = 126,59 \text{ g}$ , ennyi a klórozott vegyület moláris tömege ( $M_{A-Cl}$ ) **1 pont**

$M_{A-Cl} = 12,01x + 1,008y + 35,45$  alapján:

$126,59 = 12,01x + 1,008y + 35,45 \rightarrow 91,14 = 12,01x + 1,008y$ . **2 pont**

Ennek alapján megállapítható, hogy „x” legnagyobb értéke 7 lehet, ekkor  $y = 7$ , azaz A-Cl képlete  $C_7H_7Cl$  és A képlete  $C_7H_8$ . **2 pont**

(Amennyiben  $y = 6$  lenne, akkor  $y = 19$  lenne ( $C_6H_{19}Cl$  és  $C_6H_{20}$ ), ez semmiképp nem lehet megoldás.)

Ha azt feltételezzük, hogy **addíció** történik, akkor az első klórozott szénhidrogén a  $C_xH_yCl_2$  lesz, ennek a moláris tömege:  $M_{A-Cl_2} = 12,01x + 1,008y + 2 \cdot 35,45$  **1 pont**

Szomszédos tagjának moláris tömege: a  $-CH_2-$  (metilén csoport) miatt  $12,01 + (2 \cdot 1,008) = 14,026 \text{ g/mol}$ -al nagyobb. **Erre már nem kell ismét pontot adni.**

ha  $11,08\%$  eltérés =  $14,026 \text{ g}$ ,

akkor  $100\% = 126,59 \text{ g}$ , ennyi a klórozott vegyület moláris tömege ( $M_{A-Cl_2}$ )

$M_{A-Cl_2} = 12,01x + 1,008y + 2 \cdot 35,45$  alapján:

$126,59 = 12,01x + 1,008y + 70,90 \rightarrow 55,69 = 12,01x + 1,008y$ . **2 pont**

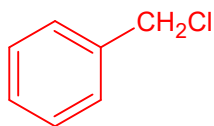
Ennek alapján megállapítható, hogy „x” legnagyobb értéke 4 lehet, ekkor  $y = 7,59$ , azaz nem addíció történik, mert ez nem egész szám! **2 pont**

Tehát szubsztitúció történik (ha ezt nem fogalmazza meg így, de leírja pl., hogy nem lehet addíció és/vagy a feladat folytatásában a monoklór származékkal foglalkozik, akkor is jár az 1 pont). **1 pont**

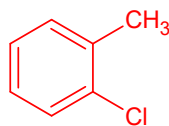
A vegyületben nincs kettős kötés (másképp addíció lenne), így a  $C_7H_8$  képletben gyűrű(k) és delokalizált kettős kötések lehetnek csak. A keresett szénhidrogén a metilbenzol (toluol, A), illetve az etilbenzol (B). 2 pont

A klórozás katalizátortól függően történhet oldalláncban (UV-fény), vagy az aromás gyűrű szénatomjain; ez utóbbi esetben *orto*- vagy *para*-helyzetben. Minden helyes név és képlet

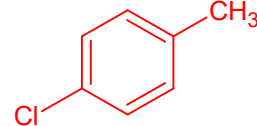
1-1 pont. 6 pont



benzil-klorid (vagy fenil-klórmetán vagy  $\alpha$ -klórtoluol)



*orto*-klórtoluol (vagy 1-klór-2-metilbenzol)



*para*-klórtoluol (vagy 1-klór-4-metilbenzol)

**Sz3.**

**10 pont**

X gramm X tömeg%-os kénsavoldatban X gramm kén-trioxidot oldva a kénsav tömegszázalékának számértéke X-szel növekszik. Mennyi az X értéke?

100 g oldatban van X g kénsav, tehát X g oldatban van  $X^2/100$  g kénsav. 1 pont

Ha ebben feloldok X g kén-trioxidot, akkor az oldat tömege 2X g lesz, 1 pont

a benne lévő kénsav tömeg%-a 2X, azaz a kénsav tömege  $4X^2/100$  g. 1 pont

A reakció egyenlete:  $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$  1 pont

80,06 g  $SO_3$ -ból ez alapján lesz 98,076 g  $H_2SO_4$ , azaz X g  $SO_3$ -ból lesz  $98,076/80,06 \cdot X = 1,225X$  g  $H_2SO_4$ . 2 pont

A kénsav mennyisége a kétféle számolás alapján ugyanannyi kell, hogy legyen, azaz  $X^2/100 + 1,225X = 4X^2/100$ . 2 pont

Ezt megoldva (nem kell tudni hozzá a másodrendű egyenlet megoldóképletét, mert nincs nulladrendű része, vagyis lehet az egészét X-szel osztani):  $X = 40,843$ . 2 pont

**Sz4.**

**15 pont**

A Bejrútban 2020. augusztus 4-én történt nagy robbanást ammónium-nitrát okozta, amelyet az óvatossági szabályokat figyelmen kívül hagyva tároltak. Az ammónium-nitrát sűrűsége  $1,72 \text{ g/cm}^3$ , magas hőmérsékleten úgy bomlik, hogy belőle csak nitrogén, oxigén és víz keletkezik.

a) Mi a bomlási reakció egyenlete?

b) Becsüld meg, hogy mekkora lehet a nyomás egy  $10\,000 \text{ m}^3$  térfogatú, robbanás előtt  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű és légköri nyomású raktárépületben, ha benne 2700 tonna ammónium-nitrát hirtelen felrobban és közben a hőmérséklet  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal növekszik?<sup>2</sup> Vedd figyelembe, hogy a raktárban eredetileg is volt valamennyi levegő, amelynek az összetételét az egyszerűség kedvéért tekintjük 80 mol%  $N_2$ -nek és 20 mol%  $O_2$ -nek.

a)  $2NH_4NO_3 \rightarrow 4H_2O + 2N_2 + O_2$  1 pont

b) 2700 tonna ammónium-nitrát =  $2700000 \text{ kg}/(80,052 \text{ kg/kmol}) = 33730 \text{ kmol}$ . 1 pont

Ebből a robbanás során lesz 67460 kmol  $H_2O$ , 33730 kmol  $N_2$  és 16865 kmol  $O_2$ . 2 pont

<sup>2</sup> KIEGÉSZÍTÉS az Sz4 feladathoz, mely nem szükséges a feladat megoldásához:

A hőmérsékletnövekedést (ha nem lenne megadva a feladatban) akár kiszámolhatnánk a következő termodinamikai adatokból is: az ammónium-nitrát képződéshője  $-365,6 \text{ kJ/mol}$ , a vízgőzé  $-241,8 \text{ kJ/mol}$ ; a vízgőz mólhője  $25,3 \text{ J/K/mol}$ , az oxigéné  $21,1 \text{ J/K/mol}$ , a nitrogéné  $20,8 \text{ J/K/mol}$ .

Az épületben levő  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  térfogata:  $2700000 \text{ kg}/(1720 \text{ kg/m}^3) = 1570 \text{ m}^3$  1 pont

Az épületben eleve volt  $10\,000 \text{ m}^3 - 2700000 \text{ kg}/(1720 \text{ kg/m}^3) = 8430 \text{ m}^3$  levegő. 1 pont

A  $35^\circ\text{C}$ -os, légköri nyomású levegő anyagmennyisége:

$$n = \frac{8430 \text{ m}^3 \cdot 101325 \text{ Pa}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 308 \text{ K}} =$$
 2 pont

$3,34 \cdot 10^5 \text{ mol} = 334 \text{ kmol}$ . 1 pont

Ebből  $334 \text{ kmol} \cdot 0,8 = 267 \text{ kmol N}_2$  és  $334 \text{ kmol} \cdot 0,2 = 67 \text{ kmol O}_2$ . 1 pont

Így összesen robbanás után  $67460 \text{ kmol}$  vízgőz,  $33997 \text{ kmol}$  nitrogén és  $16932 \text{ kmol}$  oxigén lesz a raktárépületben. 1 pont

A gázok teljes anyagmennyisége  $67460 \text{ kmol} + 33997 \text{ kmol} + 16932 \text{ kmol} = 118389 \text{ kmol}$ . 1 pont

A hőmérséklet  $308 + 1500 = 1803 \text{ K}$  1 pont

Így az ideális gáztörvénnyel a nyomást meg lehet becsülni:  $p =$

$$\frac{118389000 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 1803 \text{ K}}{10000 \text{ m}^3} = 1,77 \cdot 10^8 \text{ Pa} = 177 \text{ MPa}$$
 2 pont

(Ez nagyjából a légköri nyomás 1770-szerese.)

### Sz5.

13 pont

70,00 tömeg%-os foszforsav-oldat és 50,00 tömeg%-os nátrium-hidroxid-oldat 7:12 tömegarányban összeöntött oldata közömbösíti egymást. A keletkező 57,76 gramm tömegű anyag maradék nélkül, teljes egészében kristályos só.

Mi a kristályos só képlete? Hány gramm a közömbösített foszforsav-oldat tömege? A kiindulási oldatok oldószeréül használt víz tömege hány %-át teszi ki a kristályvíz tömegének?

A közömbösítés után oldat nem marad, tehát az összeöntött oldatok tömegének az összege is 57,76 g volt. 1 pont

Ha X a foszforsav-oldat tömege, akkor a nátrium-hidroxid-oldaté  $(57,76 - X)$  g, 1 pont

és mivel  $X/(57,76 - X) = 7/12$ , így X értéke kiszámolható: 21,28 g a közömbösített foszforsav-oldat tömege. 1 pont

Vegyünk tehát 21,28 g foszforsav-oldatot (ez  $21,28 \cdot 0,70 = 14,896 \text{ g H}_3\text{PO}_4$ , 1 pont

aminek az anyagmennyisége  $14,896 \text{ g}/(97,994 \text{ g/mol}) = 0,152 \text{ mol}$ ) 1 pont

és  $57,76 - 21,28 = 36,48 \text{ g}$  nátrium-hidroxid-oldatot (ez  $36,48 \cdot 0,50 = 18,24 \text{ g NaOH}$ , 1 pont

aminek az anyagmennyisége  $18,24 \text{ g}/(39,998 \text{ g/mol}) = 0,4560 \text{ mol}$ ). 1 pont

Közömbösítéskor  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  keletkezik ( $0,1520 \text{ mol}$ , azaz  $0,1520 \cdot 163,94 = 24,92 \text{ g}$ ), vagyis a víz teljes mennyisége  $57,76 \text{ g} - 24,92 \text{ g} = 32,84 \text{ g}$ , 1 pont

ami  $32,84 \text{ g}/(18,016 \text{ g/mol}) = 1,823 \text{ mol}$ . 1 pont

A kristályvizek száma tehát  $1,823 \text{ mol}/0,152 \text{ mol} = 12$ , a képlet tehát  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$ . 2 pont

Az eredeti oldószer tömege  $21,28 \cdot 0,3 + 36,48 \cdot 0,5 = 24,624 \text{ g}$ , 1 pont

ez a  $32,84 \text{ g}$ -nak  $24,624/32,84 = 0,75$  része, azaz 75%-a. 1 pont

### Sz6.

20 pont

$250,00 \text{ cm}^3$  térfogatú  $1,075 \text{ g/cm}^3$  sűrűségű 2,28 anyagmennyiség%-os kénsavoldatot  $8,00 \text{ A}$ -es egyenárammal elektrolizáltunk. A folyamat végén kapott oldat 11,75 tömeg%-os és  $1,078 \text{ g/cm}^3$  sűrűségű.

a) Számítsd ki a kénsavoldat tömegét az elektrolízis végén!

- b) Nevezd meg az elektródokat, írd fel a rajtuk végbemenő reakciók egyenleteit!
- c) Mennyi ideig tartott az elektrolízis?
- d) Az elektrolízis végén kapott oldat  $1,00 \text{ cm}^3$ -ét 100-szorosára hígítjuk. Hány  $\text{cm}^3$  térfogatú, 12,00-es pH-jú NaOH-oldat közömbösíti ennek az oldatnak a  $10,00 \text{ cm}^3$ -ét?

A kiindulási kénsavoldat tömege  $250,00 \text{ cm}^3 \cdot 1,075 \text{ g/cm}^3 = 268,75 \text{ g}$  1 pont

A kiindulási kénsavoldat 100 móljában van  $2,28 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$  (ennek a tömege  $2,28 \cdot 98,076 = 223,61 \text{ g}$ ) és  $97,72 \text{ mol}$  víz (ennek a tömege  $97,72 \cdot 18,016 = 1760,52 \text{ g}$ ), így a  $100 \text{ mol}$  oldat tömege  $223,61 + 1760,52 = 1984,13 \text{ g}$  lenne. 1 pont

Mivel nincs ennyi oldatunk, csak  $268,75 \text{ g}$ , így persze arányosan ( $268,75/1984,13 = 0,13545$ -ször) kevesebb benne a kénsav és a víz:

- $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $0,308826 \text{ mol}$ ,  $30,29 \text{ g}$  1 pont

- $\text{H}_2\text{O}$ :  $13,236174 \text{ mol}$ ,  $238,46 \text{ g}$  1 pont

a) Az elektrolízis végén ugyanennyi lesz a kénsav ( $30,29 \text{ g}$ ), és ez ekkor már  $11,75$  tömeg%, azaz a teljes oldat tömege ( $100\%$ )  $30,29 \cdot 100/11,75 = 257,79 \text{ g}$ . 2 pont

b) Anód (oxidáció):  $3\text{H}_2\text{O} = 2\text{e}^- + 0,5\text{O}_2 + 2\text{H}_3\text{O}^+$  vagy  $\text{H}_2\text{O} = 2\text{e}^- + 0,5\text{O}_2 + 2\text{H}^+$  1 pont

Katód (redukció):  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$  1 pont

c) Az elektrolízis során vízbontás történt. A reakcióban  $268,75 - 257,79 = 10,96 \text{ g}$  víz bomlott el; ez  $10,96/18,016 = 0,608 \text{ mol}$  víz bomlása, amihez  $2 \cdot 0,608 = 1,216 \text{ mol}$  elektron kell. 2 pont

Ez megfelel  $96500 \cdot 1,216 = 117344 \text{ C}$  töltésnek, 1 pont

azaz  $117344 \text{ C}/8,00 \text{ A} = 14668 \text{ s}$  időnek ( $4,07$  óra). 1 pont

d) Olyan ez, mintha az elektrolízis végén  $0,1 \text{ cm}^3$  kénsavoldatot titrálnánk. 1 pont

$m(\text{oldat}) = 0,10 \cdot 1,078 \text{ g} = 0,1078 \text{ g}$  1 pont

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1078 \cdot 0,1175 \text{ g} = 0,01267 \text{ g}$

$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,293 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  1 pont

$n(\text{NaOH}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  1 pont

Ha  $\text{pH} = 12,00$ , akkor  $c_{\text{NaOH}} = 0,01 \text{ mol/dm}^3$ , 2 pont

így  $V(\text{NaOH}) = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/(0,01 \text{ mol/dm}^3) = 2,58 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3$  vagy  $25,8 \text{ cm}^3$ . 1 pont