



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)
 Lektorok: Bárány Zsolt Béla, Körtvélyessy Gyula, Várnagy Katalin

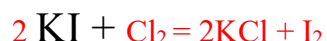
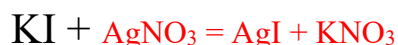
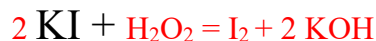
Feladatsor

Elmélet

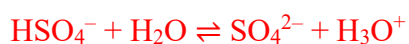
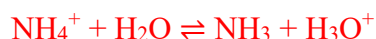
E1. feladat

15 pont

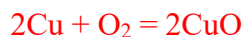
- a) A következő anyagokból válaszd ki azt a hármat, amelyek közös tulajdonsága, hogy reagálnak kálium-jodiddal! A kiválasztott anyagokkal írd fel a rendezett reakcióegyenleteket!
H₂, H₂O, H₂O₂, NaOH, NaNO₃, AgNO₃, Al(NO₃)₃, N₂, Cl₂



- 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(NO₃)₃, NH₄NO₃, NaNO₃, NaHSO₄, Na₂SO₄, NaHCO₃, NaCl, piridin, etanol**

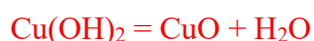


- c) A következő anyagokból válaszd ki azt a hármat, amelyek közös tulajdonsága, hogy levegőn való hevítés hatására megváltozik a színük! A kiválasztott anyagokkal írd fel a hevítés hatására bekövetkező változás kémiai egyenletét! Add meg a kiindulási vegyület és a keletkező termék színét is! **CaCO₃, Cu, CuO, Cu(OH)₂, CuSO₄, CuSO₄·5H₂O, H₂O, NaCl**



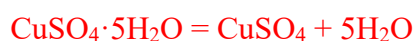
Kiindulási anyag színe: **vörös**

Termék színe: **fekete**



Kiindulási anyag színe: **(világos)kék**

Termék színe: **fekete**



Kiindulási anyag színe: **kék**

Termék színe: **fehér**

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%

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

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

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

Számolás:

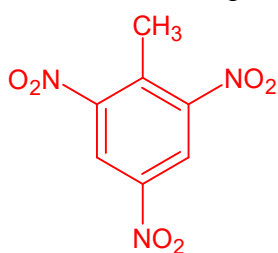
$$n = 222 : [12,01 + (2 \cdot 1,008) + (2 \cdot 14,01) + (2 \cdot 16,00)] = 3$$

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

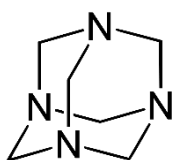
Mit rövidít a TNT név? Írd fel szerkezeti képletét! A TNT szabályos neve: 2-metil-1,3,5-trinitrobenzol.

Mit rövidít a TNT?

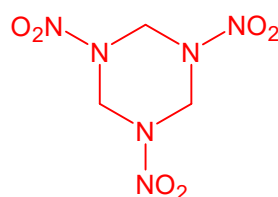
trinitro-toluol

TNT szerkezeti képlete:

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?



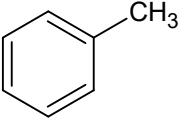
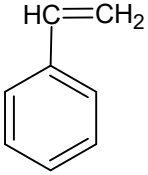
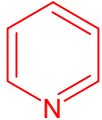
*A hexametilén-tetramin
(1,3,5,7-tetraaza-
triciklodekán) szerkezete*

Hexogén szerkezeti képlete:

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	$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{OH} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & / \\ \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} \\ & & & & & & \backslash \\ & \text{OH} & \text{OH} & \text{OH} & \text{H} & \text{OH} & \text{O} \\ & & & & & & \text{H} \end{array}$

- 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

E4. feladat

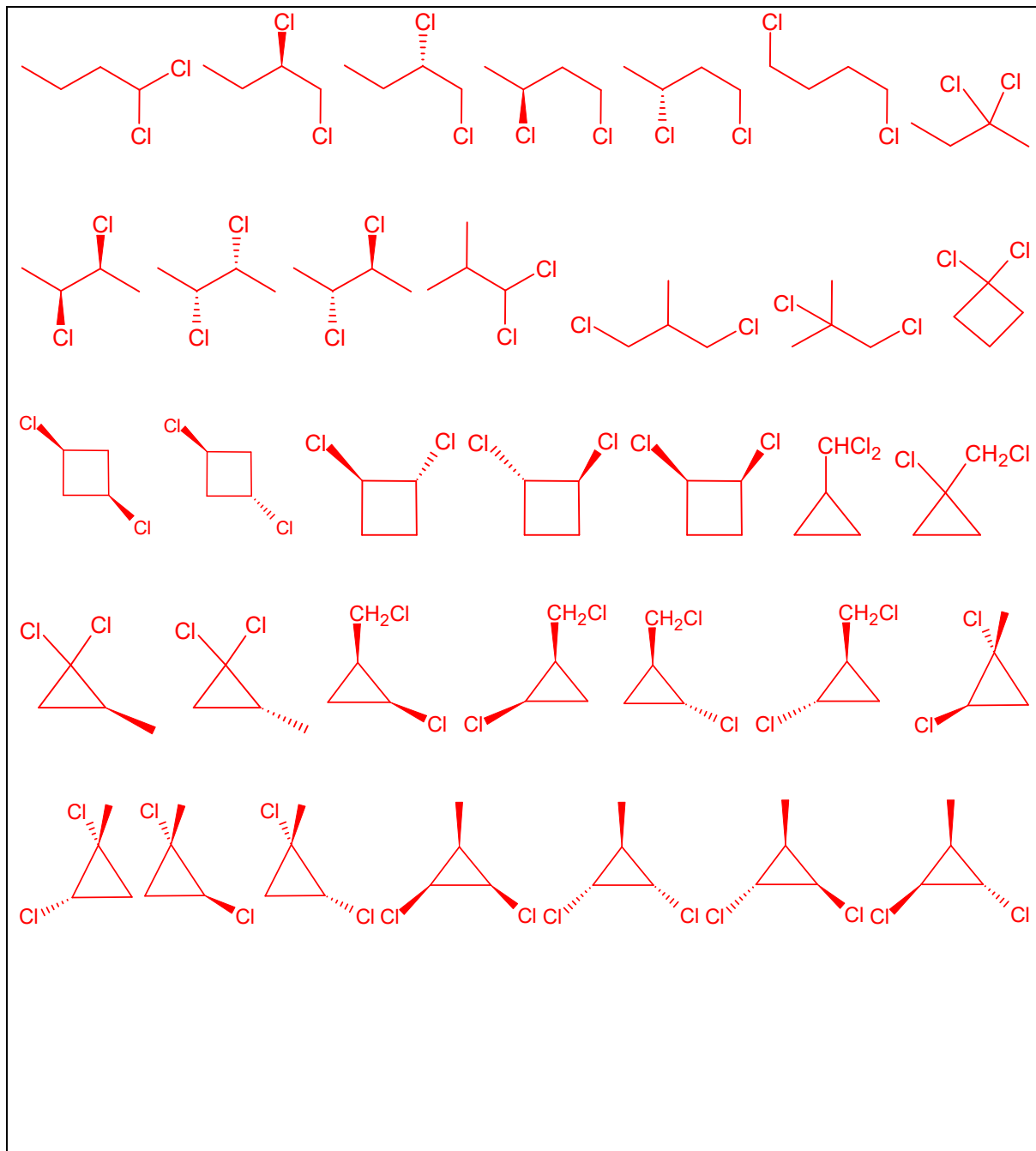
8 pont

Állítsd növekvő sorrendbe az alábbi anyagokat az alábbi tulajdonságok alapján:

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

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!

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

Egy kémcsőállványban 4 kémcsőben oldatok voltak. A kémcsövek jelölése: A, B, C és D. A kémcsővekben 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 kémcsővekben 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:	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	CuCl_2	HCl vagy ZnCl_2	KI

A kimaradt vegyület:

ZnCl_2 vagy HCl

Írj reakcióegyenletet minden csapadékképződéssel járó reakcióhoz!

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 $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \underline{\text{PbCl}_2}$
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 $\text{Pb}^{2+} + 2\text{HCl} = \underline{\text{PbCl}_2} + 2\text{H}^+$ vagy $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnCl}_2 = \underline{\text{PbCl}_2} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ vagy $\text{Pb}^{2+} + \text{ZnCl}_2 = \underline{\text{PbCl}_2} + \text{Zn}^{2+}$
A + D	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} = \underline{\text{PbI}_2} + 2\text{KNO}_3$ vagy $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- = \underline{\text{PbI}_2}$
B + D	$2\text{CuCl}_2 + 4\text{KI} = 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 4\text{KCl}$ vagy $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- = 2\text{CuI} + \text{I}_2$

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.¹

Béla havi földgázfogyasztása – mely csak fűtésre fordítódik – mintegy 200 m³ 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/m³ egységben kifejezve, standard állapotban?
- Mennyi lenne Béla havi fogyasztása, ha nem kondenzációs kazánja lenne? Mennyit spórol egy hónapban, ha egy m³ 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 m³ 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)
 $\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5 \text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ (2. egyenlet)
 $\Delta_r H = [(-394)+2(-242)]-[-75] = -803$ kJ/mol (1. vízgőzzel – hagyományos)
 $\Delta_r H = [(-394)+2(-286)]-[-75] = -891$ kJ/mol (1. foly. vízzel – kondenzációs)
 $\Delta_r H = [2(-394)+3(-242)]-[-84] = -1430$ kJ/mol (2. vízgőzzel – hagyományos)
 $\Delta_r H = [2(-394)+3(-286)]-[-84] = -1562$ kJ/mol (2. foly. vízzel – kondenzációs)
- 1 m³ földgáz standard állapotban $1000/24,5 = 40,8$ mol
Ebből metán: $40,8 \text{ mol} \cdot 0,97 = 39,6 \text{ mol} \rightarrow 39,6 \text{ mol} \cdot 0,803 \text{ MJ/mol} = 31,8 \text{ MJ}$
(hagyományos) vagy 35,3 MJ (kondenzációs)

¹ 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 energiamennyiséget 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.)

Így az égéshő: $32,4 \text{ MJ/m}^3$ vagy $35,9 \text{ MJ/m}^3$.

c) Béla fogyasztása havonta $200 \cdot 35,9 / 32,4 = 221,6 \text{ m}^3$ lenne.

Havonta $21,6 \text{ m}^3$ -t, azaz $21,6 \cdot 100 = 2160 \text{ Ft}$ -ot takarít meg.

d) $200 \cdot 35,9 / 3,6 = 1994 \text{ kWh}$, ami $1994 \cdot 35 = 69805 \text{ Ft}$, a gáz lényegesen olcsóbb.

e) 1500 m^3 az $1500 \cdot 40,8 \text{ mol} = 61200 \text{ mol}$ földgáz.

Ebből metán 59364 mol , amiből szén-dioxid keletkezik 59364 mol .

Etán 612 mol , amiből szén-dioxid keletkezik 1224 mol .

Összesen 60588 mol CO_2 , ami $2665872 \text{ g} = 2,67 \text{ t}$.

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

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

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

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

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

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

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 .

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

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

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:

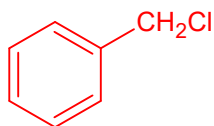
$$126,59 = 12,01x + 1,008y + 70,90 \rightarrow 55,69 = 12,01x + 1,008y.$$

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

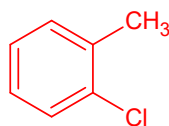
Tehát szubsztitúció történik.

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).

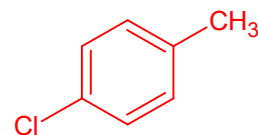
A klórozás katalizátortól függően történhet oldalláncban (UV-fény), vagy az aromás gyűrű szénatomjain; ez utóbbi esetben *orto*- vagy *para*-helyzetben.



benzil-klorid (vagy fenil-klórmetán vagy α -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.

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

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

A reakció egyenlete: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$

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 .

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

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

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?² 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) $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + \text{O}_2$

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

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

Az épületben levő NH_4NO_3 térfogata: $2700000 \text{ kg}/(1720 \text{ kg/m}^3) = 1570 \text{ m}^3$

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

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

² 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 $20,8 \text{ J/K/mol}$.

$$n = \frac{8430 \text{ m}^3 \cdot 101325 \text{ Pa}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 308 \text{ K}} = 3,34 \cdot 10^5 \text{ mol} = 334 \text{ kmol.}$$

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

Így összesen robbanás után 67460 kmol vízgőz, 33997 kmol nitrogén és 16932 kmol oxigén lesz a raktárépületben.

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

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

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

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

(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.

Ha X a foszforsav-oldat tömege, akkor a nátrium-hidroxid-oldaté $(57,76 - X)$ g, és mivel $X/(57,76 - X) = 7/12$, így X értéke kiszámolható: 21,28 g a közömbösített foszforsav-oldat tömege.

Vegyünk tehát 21,28 g foszforsav-oldatot (ez $21,28 \cdot 0,70 = 14,896 \text{ g H}_3\text{PO}_4$, aminek az anyagmennyisége $14,896 \text{ g} / (97,994 \text{ g/mol}) = 0,152 \text{ mol}$)

és $57,76 - 21,28 = 36,48 \text{ g}$ nátrium-hidroxid-oldatot (ez $36,48 \cdot 0,50 = 18,24 \text{ g NaOH}$, aminek az anyagmennyisége $18,24 \text{ g} / (39,998 \text{ g/mol}) = 0,4560 \text{ mol}$).

Közömbösítéskor Na_3PO_4 keletkezik ($0,1520 \text{ mol}$, azaz $0,1520 \cdot 163,94 = 24,92 \text{ g}$), vagyis a víz teljes mennyisége $57,76 \text{ g} - 24,92 \text{ g} = 32,84 \text{ g}$, ami $32,84 \text{ g} / (18,016 \text{ g/mol}) = 1,823 \text{ mol}$.

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

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

ez a 32,84 g-nak $24,624 / 32,84 = 0,75$ része, azaz 75%-a.

Sz6.

20 pont

250,00 cm³ térfogatú 1,075 g/cm³ sűrűségű 2,28 anyagmennyiség%-os kénsavoldatot 8,00 A-es egyenárammal elektrolizáltunk. A folyamat végén kapott oldat 11,75 tömeg%-os és 1,078 g/cm³ sűrűségű.

- Számítsd ki a kénsavoldat tömegét az elektrolízis végén!
- Nevezd meg az elektródokat, írd fel a rajtuk végbemenő reakciók egyenleteit!
- Mennyi ideig tartott az elektrolízis?
- Az elektrolízis végén kapott oldat 1,00 cm³-ét 100-szorosára hígítjuk. Hány cm³ térfogatú, 12,00-es pH-jú NaOH-oldat közömbösíti ennek az oldatnak a 10,00 cm³-ét?

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

A kiindulási kénsavoldat 100 móljában van 2,28 mol H_2SO_4 (ennek a tömege $2,28 \cdot 98,076 = 223,61 \text{ g}$) és 97,72 mol víz (ennek a tömege $97,72 \cdot 18,016 = 1760,52 \text{ g}$), így a 100 mol oldat tömege $223,61 + 1760,52 = 1984,13 \text{ g}$ lenne.

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

- H_2SO_4 : 0,308826 mol, 30,29 g
- H_2O : 13,236174 mol, 238,46 g

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

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

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.

Ez megfelel $96500 \cdot 1,216 = 117344 \text{ C}$ töltésnek, azaz $117344 \text{ C}/8,00 \text{ A} = 14668 \text{ s}$ időnek (4,07 óra).

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

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

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

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

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

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

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