


LV Ogólnopolski Konkurs Chemiczny im. prof. Antoniego Swinarskiego

FINAŁ 15-16 marca 2019 r.

Układ okresowy pierwiastków chemicznych



UNIWERSYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU
Wydział Chemii

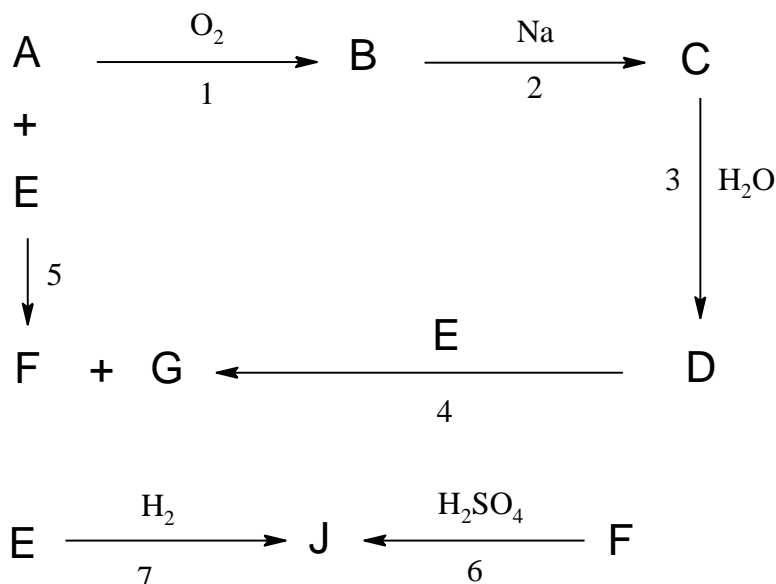
1	2											13	14	15	16	17	18
1 H wodór 1,01												5 B bor 10,81	6 C węgiel 12,01	7 N azot 14,01	8 O tlen 16,00	9 F fluor 19,00	10 Ne neon 20,18
3 Li lit 6,94	4 Be beryl 9,01											13 Al glin 26,98	14 Si krzem 28,09	15 P fosfor 30,97	16 S siarka 32,07	17 Cl chlor 35,45	18 Ar argon 39,95
11 Na wodór 22,99	12 Mg magnez 24,31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	31 Ga gal 69,72	32 Ge german 72,64	33 As arsen 74,92	34 Se selen 78,96	35 Br brom 79,90	36 Kr krypton 83,80
19 K potas 39,10	20 Ca wapń 40,08	21 Sc skand 44,96	22 Ti tytan 47,87	23 V wanad 50,94	24 Cr chrom 52,00	25 Mn mangan 54,94	26 Fe żelazo 55,85	27 Co kobalt 58,93	28 Ni nikiel 58,69	29 Cu miedź 63,55	30 Zn cynk 65,34	31 Ga gal 69,72	32 Ge german 72,64	33 As arsen 74,92	34 Se selen 78,96	35 Br brom 79,90	36 Kr krypton 83,80
37 Rb rubid 85,47	38 Sr stront 87,62	39 Y itr 88,91	40 Zr cyrkon 91,22	41 Nb niob 92,91	42 Mo molibden 95,94	43 Tc technet 97,91	44 Ru ruten 101,07	45 Rh rod 102,91	46 Pd pallad 106,42	47 Ag srebro 107,87	48 Cd kadm 112,41	49 In ind 114,82	50 Sn cyna 118,71	51 Sb antymon 121,76	52 Te tellur 127,60	53 I jod 126,90	54 Xe ksenon 131,29
55 Cs cez 132,91	56 Ba bar 137,33	57 La lantan 138,91	72 Hf hafn 178,49	73 Ta tantal 180,95	74 W wolfram 183,84	75 Re ren 186,21	76 Os osm 190,23	77 Ir iryd 192,22	78 Pt platyna 195,08	79 Au złoto 196,97	80 Hg rtęć 200,59	81 Tl tal 204,38	82 Pb ołów 207,2	83 Bi bismut 208,98	84 Po polon 208,98	85 At astat 209,99	86 Rn radon 222,02
87 Fr frans 223,02	88 Ra rad 226,03	89 Ac aktyn 227,03	104 Rf rutherford 267,1	105 Db dubn 268,1	106 Sg seaborg 271,1	107 Bh bohrr 270,1	108 Hs has 277,1	109 Mt meitner 278,2	110 Ds darmstadt 281,2	111 Rg roentgen 281,2	112 Cn kopernik 285	113 Nh nihonium 286	114 Fl flerowium 289	115 Mc moscovium 289	116 Lv livermorium 292	117 Ts tennessine 294	118 Og oganeson 294
Lantanowce																	
58 Ce cer 140,17	59 Pr prazeodym 140,91	60 Nd neodym 144,24	61 Pm promet 144,91	62 Sm samar 150,36	63 Eu europ 151,25	64 Gd gadolin 157,25	65 Tb terb 158,93	66 Dy dysproz 162,50	67 Ho holm 164,93	68 Er erb 167,26	69 Tm tul 168,94	70 Yb iterb 173,04	71 Lu lutet 174,97				
Aktynowce																	
90 Th tor 232,04	91 Pa protaktyn 231,04	92 U uran 238,03	93 Np neptun 237,05	94 Pu pluton 244,06	95 Am ameryk 243,06	96 Cm kiur 247,07	97 Bk berkel 247,07	98 Cf kaliforn 251,08	99 Es einstein 252,09	100 Fm ferm 257,10	101 Md mendelew 258,10	102 No nobel 259,10	103 Lr lorens 262,11				

Skróty i symbole			Stale		
ciśnienie	p	objętość	V	$R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	
ciśnieniowa stała		siła elektromotoryczna	E	$R = 0,08314 \text{ dm}^3 \text{ bar mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	
równowagi	K_p	stała Avogadro	N_A	$F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$	
entalpia	H	stała Faradaya	F	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	
iloraz reakcji	Q	stała gazowa	R	$1 \text{ bar} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	
liczba moli	n	temperatura, K	T		
Równania					
$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$			$pV = nRT$		

Zadanie A (20 pkt)

Wiedząc, że:

- w reakcji 4 i 6 występuje produkt uboczny, nie podany na grafie;
 - substancja A jest pierwiastkiem chemicznym;
 - stopień utlenienia pierwiastka E w związku G wynosi +1;
1. Podaj wzory substancji: A, B, C, D, E, F, G, J. (16 pkt., po 2 pkt. za substancję).
 2. Zapisz równanie reakcji 4 (2 pkt.)
 3. Podaj stopień utlenienia tlenu w związku B (2 pkt.)



Zadanie B (20 pkt)

Poddano analizie materiał mięsny, który jest wykorzystywany do produkcji karmy dla zwierząt. Odpady przeznaczone do sprzedaży powinny zawierać odpowiednie ilości poszczególnych składników: proteiny nie mniej niż 45%, popiół nie więcej niż 35%, fosforany (w postaci $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) 25-33%, tłuszcz nie więcej niż 10%, wilgoć do 9%, żyły nie więcej niż 2%.

Oceń, czy badany materiał mięsny spełnia wymogi powyższej normy.

Poniżej przedstawiono średnie wyniki analiz materiału mięsnego:

- a) Próbkę materiału mięsnego o masie 2,000 g analizowano metodą Kjeldahla.

Metoda Kjeldahla pozwala na oznaczenie azotu aminowego i iminowego w substancjach organicznych. Proces prowadzony jest w temperaturze wrzenia kwasu siarkowego(VI), w obecności katalizatora, zgodnie ze schematem:



Uzyskaną sól poddaje się działaniu NaOH w celu wydzielenia amoniaku – **zapisz równanie zachodzącej reakcji**.

Wydzielony z badanej próbki amoniak pochłaniany w 50 cm^3 roztworu kwasu solnego o stężeniu $0,5025 \text{ mol/dm}^3$. Następnie zużyto $28,85 \text{ cm}^3$ roztworu NaOH o stężeniu $0,5009 \text{ mol/dm}^3$ na zmiareczkowanie nieprzereagowanego kwasu. Współczynnik przeliczeniowy z zawartości procentowej azotu na zawartość procentową protein wynosi 6,25. (10 pkt)

- b) Próbkę materiału mięsnego o masie 5,000 g wysuszono w temperaturze 105°C. Masa suchej pozostałości wynosiła 4,638 g.

Po zważeniu suchą pozostałość poddano procesowi prażenia w temperaturze „czerwonego żaru” ok. 700°C. Masa pozostałości spadła do 1,611 g.

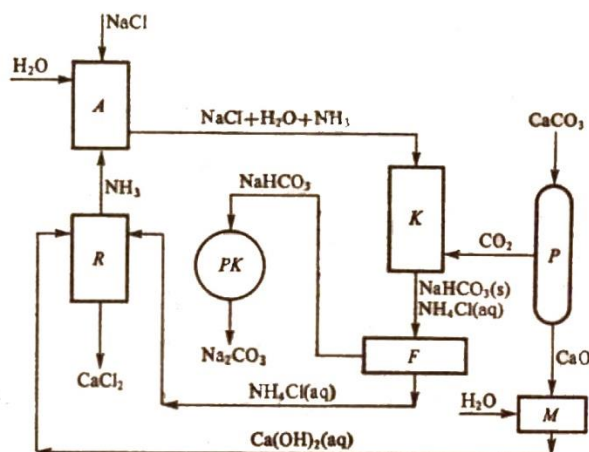
Uzyskany produkt wykorzystano do oznaczenia fosforanów, które podaje się w przeliczeniu na $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. W pierwszym etapie rozpuszczono go w HNO_3 , roztwór odparowano do sucha, a pozostałość rozpuszczono w rozc. HNO_3 . Roztwór przesączono i 1/40 przesączu poddano działaniu $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$. Odsączono żółty molibdenofosforan i rozpuszczono go w amoniaku. Następnie fosforany strącono w postaci MgNH_4PO_4 i wyprażono osad (**zapisz równanie zachodzącej w czasie prażenia reakcji**). Masa otrzymanego difosforanu(V) magnezu wyniosła 0,0250 g. (7 pkt)

- c) Próbkę materiału mięsnego o masie 3,000 g wysuszono i ekstrahowano bezwodnym eterem. Ekstrakt eterowy odparowano uzyskując 0,2700 g produktu.

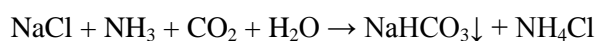
Chcąc wyznaczyć zawartość żył, materiał pozostały po ekstrakcji poddano zgodnie z normą ługowaniu przy użyciu rozcieńczonego kwasu H_2SO_4 , a następnie rozcieńczonego NaOH . Żyły i substancje nieorganiczne w ługowaniu nie ulegają. Pozostałość po procesie odsączono w tyglu z dnem porowatym i wysuszono w temperaturze 105°C. Masa tygla z pozostałością wynosiła 11,8366 g. Następnie umieszczono go w piecu i wyprażono w temperaturze ok. 700°C. Po wystudzeniu stwierdzono, że ważył on 11,8016 g. (3 pkt)

Zadanie C (20 pkt)

Węglan sodu Na_2CO_3 , zwany też sodą (soda kalcynowana, soda amoniakalna) można otrzymać laboratoryjnie przez prażenie wodorowęglanu sodowego NaHCO_3 (soda oczyszczona, bikarbonat). W związku z ogromnym zapotrzebowaniem przemysłu na sodę od dawna produkuje się ją na dużą skalę. Schemat produkcji sody przedstawiono na rysunku poniżej:



Wodny roztwór NaCl nasycany amoniakiem w absorberze A. Amoniakalny roztwór NaCl przepompowuje się do karbonizatora K. Równocześnie karbonizator jest zasilany strumieniem gazowego CO_2 wytwarzanego w piecu P z węglanu wapnia. W karbonizatorze zachodzi reakcja zwana procesem karbonizacji:

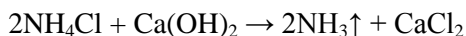


W warunkach prowadzenia procesu następuje krystalizacja wodorowęglanu sodu, trudniej rozpuszczalnego niż chlorek amonu, i inne sole, które w tym układzie mogłyby się wytrącić.

Osad NaHCO_3 odsącza się na filtrze F od roztworu chlorku amonu i poddaje prażeniu (kalcynacji) w piecu PK w celu otrzymania węgla sodu:



Roztwór NH_4Cl o gęstości wynoszącej zazwyczaj $1,14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ kieruje się do regeneratora amoniaku R, gdzie pod działaniem wodorotlenku wapnia, uzyskanego przez gaszenie wapna z pieca P w mieszalniku M następuje reakcja:



Amoniak zawraca się do absorbera A, natomiast roztwór CaCl_2 stanowi produkt odpadowy.

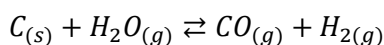
Zadanie:

- 1) W trakcie gaszenia czystego wapna palonego przzerwano dodawanie wody, gdy masa wapna wzrosła o 25%. Czy całe wapno palone przeprowadzono w wapno gaszone? (4 pkt)
- 2) Ile wapna gaszonego należy użyć, stosując 10% nadmiar, aby zawrócić do procesu sodowego amoniak pochodzący z 1 m^3 roztworu poprocesowego zawierającego 25% chlorku amonu, jeżeli proces zachodzi z wydajnością 99%? (5 pkt)
- 3) Oblicz objętość, jaką zająłby tlenek węgla(IV) wytworzony w procesie kalcynacji, jeżeli procesowi poddano 2 tony 98% (m/m) bikarbonatu a proces przebiega z wydajnością 93%, w temperaturze 270°C pod ciśnieniem 1050 hPa. (6 pkt)
- 4) Z cieczy odpadowej zawierającej tylko jony Ca^{2+} i Cl^- otrzymano kryształy pewnej substancji i poddano je analizie. Stwierdzono, iż substancja stała zawiera 38,3% masowych chloru. Ustal wzór sumaryczny substancji, podaj jej nazwę systematyczną oraz zapisz równanie reakcji chemicznej prowadzącej do otrzymania związku w warunkach procesowych. (5 pkt)

Zadanie D (20 pkt)

Gaz syntezowy, czyli mieszanina tlenku węgla(II) i wodoru, ma wiele zastosowań w przemyśle, m.in. do syntezy węglowodorów (w reakcji Fischera-Tropscha) czy alkoholi, np. metanolu. Zazwyczaj otrzymuje się go w reakcji węgla, gazu ziemnego lub lekkich węglowodorów z parą wodną lub półspalania metanu w obecności katalizatorów.

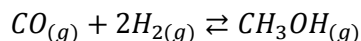
1. Ciśnieniowa stała równowagi reakcji:



w temperaturze 1073 K wynosi $K_p = 14.1$.

- a) Podaj wyrażenie na stałą K_p tej reakcji. Ile wynoszą cząstkowe ciśnienia H_2O , CO i H_2 w stanie równowagi, jeśli początkowa mieszanina, zawierająca koks oraz 0,1 mola pary wodnej umieszczona została w zbiorniku o objętości 1 dm^3 ? (5 pkt)
- b) Jaka jest minimalna ilość węgla wymagana do osiągnięcia stanu równowagi w tych warunkach? (2 pkt)
- c) W temperaturze 298 K wartość ciśnieniowej stałej równowagi K_p tej reakcji wynosi $1,7 \cdot 10^{-21}$. Czy reakcja ta jest endo- czy egzotermiczna? (2 pkt)
- d) Czy do osiągnięcia maksymalnej wydajności tej reakcji należy zmniejszyć czy zwiększyć ciśnienie? Uzasadnij odpowiedź. (1 pkt)

2. Produkcja metanolu z gazu syntezowego opiera się na katalitycznej reakcji:



W reakcji prowadzonej w temperaturze 573 K przy stechiometrycznym stosunku tlenku węgla(II) i wodoru ułamek molowy metanolu w mieszaninie końcowej wynosi 0,20. Przy założeniu, że osiągnięto stan równowagi, ile wynosi całkowite ciśnienie w reaktorze? Ciśnieniowa stała równowagi w tej temperaturze wynosi $K_p = 2,2 \cdot 10^{-4}$. (6 pkt)

3. Na podstawie danych z tabeli poniżej oblicz entalpię reakcji syntezy metanolu z gazu syntezowego w temp. 298 K (5 pkt)

Reakcja	ΔH_{298} kJ/mol	Reakcja	ΔH_{298} kJ/mol
$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$	-393,5	$CH_3OH(c) \rightarrow CH_3OH(g)$	+37,6
$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$	-241,8	$C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g)$	-110,5
$CH_3OH(c) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(c)$	-726,0	$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(c)$	-285,8

Zadanie E (20 pkt)

1. Pewien 1,4-podstawiony związek aromatyczny **A** jest popularnym lekiem o działaniu przeciwbólowym i przeciwgorączkowym. Analiza elementarna tego związku wykazuje obecność 63,56% C, 6,00% H i 9,27% N. Związek **A** w reakcji z wodnym roztworem chlorku żelaza(III) tworzy niebieskofioletowy roztwór. Hydroliza związku **A** w obecności kwasu prowadzi do powstania związku **B** i soli związku organicznego **C**. Stężony związek **B** jest żrącą, bezbarwną cieczą o przenikliwym zapachu, który krzepnąc w temp. ok. 16°C tworzy kryształy podobne do lodu. Dodatkowo związek **B** reaguje z roztworem wodorowęglanu sodu z wydzieleniem bezbarwnego, bezwonnego gazu.

a) Ustal wzór sumaryczny związku **A**. (1 pkt)

b) Podaj wzór półstrukturalny i nazwę związku **A**. (2 pkt)

c) Podaj równanie hydrolizy w obecności kwasu związku **A** i nazwy związków **B** i **C**. (2 pkt)

d) Podaj równanie reakcji związku **B** z wodorowęglanem sodu. (1 pkt)

e) Zaproponuj syntezę związku **A** wychodząc z benzenu maksymalnie w sześciu etapach. W każdym z etapów nad strzałką podaj stosowane reagenty i warunki reakcji. (5 pkt)

f) Podaj równanie reakcji związku **A** z zasadą sodową. (1 pkt)

2. Ustal wzór sumaryczny i zaproponuj wzór półstrukturalny związku **D** zawierającego C, H, O i N mając następujące dane: gęstość pary w warunkach normalnych wynosi 4,06 g/dm³; ze spalenia 0,325 g tego związku otrzymano 0,314 g CO₂, 0,160 g H₂O i 40 cm³ azotu (warunki normalne). (4 pkt)

3. Oblicz objętość acetylenu (warunki normalne) potrzebną do otrzymania 450g kwasu etanowego w dwuetapowej syntezie, jeżeli wydajność w pierwszym etapie (synteza aldehydu metodą Kuczerowa) wynosi 40%, a w drugim (utlenianie) 50%. Podaj dokładne równania odpowiednich reakcji. (4 pkt)

KONIEC

PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA

Zadanie A

A: Na

B: Na₂O₂

C: Na₂O

D: NaOH

E: Cl₂

F: NaCl

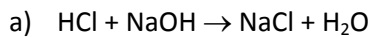
G: NaClO

J: HCl

2: 2NaOH + Cl₂ -> NaCl + NaClO + H₂O

3: -1

Zadanie B



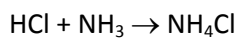
5 pkt

$$n(\text{HCl})^0 = c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 0,5025 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,05000 \text{ dm}^3 = 25,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{NaOH})^0 = c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) = 0,5009 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,02885 \text{ dm}^3 = 14,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl})^{\text{poz}} = 14,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{HCl})^{\text{reg}} = n(\text{HCl})^0 - n(\text{HCl})^{\text{poz}} = 25,13 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 14,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 10,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$



5 pkt

$$n(\text{NH}_3)^{\text{reg}} = n(\text{HCl})^{\text{reg}} = 10,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{N}) = 10,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{N}) = n(\text{N}) \cdot M(\text{N}) = 10,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 14,007 \text{ g/mol} = 0,1496 \text{ g}$$

$$\% \text{ N} = m(\text{N})/m_p \cdot 100\% = 0,1496 \text{ g} / 2,000 \text{ g} \cdot 100\% = 7,48\%$$

$$\% \text{ prot} = 6,25 \cdot \% \text{ N} = \mathbf{46,7\%}$$

b) Zawartość wilgoci:

$$\% (\text{H}_2\text{O}) = [m(\text{próbki}) - m(\text{próbki po suszeniu})] / m(\text{próbki}) * 100\% = [5,000\text{g} - 4,638\text{g}] / 5,000\text{g} * 100\% = \mathbf{7,24\%}$$

1 pkt

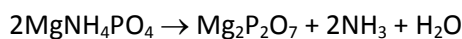
Popiół pozostaje po wyprażeniu próbki:

$$\% (\text{popiołu}) = [m(\text{popiołu})] / m(\text{próbki}) * 100\% = 1,611\text{g} / 5,000\text{g} * 100\% = \mathbf{32,2\%}$$

1 pkt

Fosforany w formie $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:

5 pkt



$$n(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) = m(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) / M(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 0,0250\text{g} / 222,55\text{g/mol} = 1,123 * 10^{-4}\text{ mol}$$

$$n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = n(\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 1,123 * 10^{-4}\text{ mol}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 40 * n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) * M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 40 * 1,123 * 10^{-4}\text{ mol} * 310,18\text{g/mol} = 1,394\text{g}$$

$$\%(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) / m(\text{próbki}) * 100\% = 1,394\text{g} / 5,000\text{g} * 100\% = \mathbf{27,88\%}$$

c)

Tłuszcz zostaje wyekstrahowany przy pomocy eteru:

$$\%(\text{tłuszcz}) = m(\text{tłuszczu}) / m(\text{próbki}) * 100\% = 0,2700\text{g} / 3,000\text{g} * 100\% = \mathbf{9,00\%}$$

1 pkt

Po ługowaniu pozostają żyły i substancje nieorganiczne:

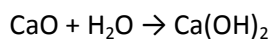
$$\%(\text{żył}) = [m(\text{tygla po suszeniu}) - m(\text{tygla po prażeniu})] / m(\text{próbki}) * 100\% = [11,8366\text{g} - 11,8016\text{g}] / 3,000\text{g} * 100\% = \mathbf{1,17\%}$$

2 pkt

Zadanie C

Ad. 1

Gaszenie wapna można opisać równaniem reakcji:



$$\frac{M_{\text{Ca}(\text{OH})_2}}{M_{\text{CaO}}} = \frac{74,01}{56,08} = 1,3197$$

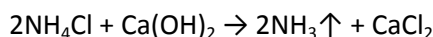
Z równania reakcji wynika, iż całkowite przereagowanie wapna powoduje wzrost masy o 31,97%, w związku z tym 25% wzrost masy jest niewystarczający dla całkowitego przereagowania wapna.

Ad. 2

1. Należy obliczyć masę roztworu i określić masę chlorku amonu:

$$m_{NH_4Cl} = m_r \cdot \%_{NH_4Cl} = 1000 dm^3 \cdot 1,14 \frac{kg}{dm^3} \cdot 25\% = 1140 kg \cdot 25\% = 285 kg NH_4Cl$$

2. Z równania reakcji należy obliczyć zapotrzebowanie wapna gaszonego:



74,06 kg Ca(OH)₂ potrzeba do regeneracji 107 kg NH₄Cl

To do 285kg NH₄Cl potrzeba:

$$m_{Ca(OH)_2} = \frac{285 \text{ kg} \cdot 107 \text{ kg}}{74,06 \text{ kg}} \cdot Z = \frac{411,76 \text{ kg}}{0,99} \cdot 1,1 = 457,51 \text{ kg}$$

gdzie W – wydajność reakcji, Z – współczynnik nadmiaru.

Ad. 3

Proces zachodzi wg równania reakcji przedstawionego poniżej:



Ilość bikarbonatu poddanego procesowi kalcynacji obliczyć należy z uwzględnieniem czystości związku:

$$m_{NaHCO_3} = m_{bikarbonatu} \cdot \%_{NaHCO_3} = 2000 kg \cdot 98\% = 1960 kg$$

Z 168,02kg NaHCO₃ otrzymać można 1 kmol CO₂ jeżeli proces biegnie z wydajnością 100%, a 0,93 kmola (10,93) przy założonej wydajności.

Liczba moli CO₂ uzyskanego podczas kalcynacji 1960kg NaHCO₃:

$$n_{NaHCO_3} = \frac{168,02 \text{ kg NaHCO}_3 - 0,93 \text{ kmol CO}_2}{1960 \text{ kg NaHCO}_3 - n \text{ kmol CO}_2} = \frac{1960 \text{ kg} \cdot 0,93 \text{ kmol}}{168,02 \text{ kg}} = 10,848 \text{ kmol}$$

$$V_{CO_2} = \frac{nRT}{p} = \frac{10848 \text{ mol} \cdot 83,1 \frac{hPa \cdot dm^3}{mol \cdot K} \cdot 543,15 K}{1050 hPa} = 466,32 m^3$$

Ad. 4.

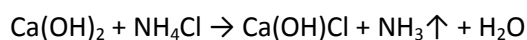
Ciecz odpadowa jest roztworem zasadowym, zawierającym w składzie jony Ca²⁺ i Cl⁻.

Z przedstawionych danych wynika, iż w danych warunkach wykrystalizować może CaCl₂ lub Ca(OH)Cl.

$$\text{dla Ca(OH)Cl, \%}_{Cl} = \frac{35,45}{92,54} = 38,3\%$$

$$\text{dla } CaCl_2, \%_{Cl} = \frac{70,9}{110,98} = 63,9\%$$

Z obliczeń wynika, iż jest to hydroksochlorek wapnia



Zadanie D

Ad 1 a) początkowe ciśnienie cząstkowe pary wodnej

$$P(H_2O) = nRT/V = 0,1 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 1073 \text{ K} / 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 892092 \text{ Pa} = 8,92 \text{ bar}$$

	H ₂ O	CO	H ₂
Pocz.	8,92	0	0
Równ.	8,92-x	x	x

$$K_p = \frac{\frac{p_{CO}}{p^0} \cdot \frac{p_{H_2}}{p^0}}{\frac{p_{H_2O}}{p^0}}$$

$$p^0 = 1 \text{ bar}$$

$$K_p = \frac{x^2}{8,92 - x} = 14,1$$

Z tego $x = 6,20$

Zatem w stanie równowagi $p_{CO} = 6,20 \text{ bar}$, $p_{H_2} = 6,20 \text{ bar}$, $p_{H_2O} = 2,72 \text{ bar}$

b) w stanie równowagi ilość pary wodnej, jaka przereagowała, odpowiada ciśnieniu 6,20 bar w temp. 1073

K, zatem

$$n = pV/RT = 6,2 \cdot 10^5 \times 1 \cdot 10^{-3} / (8,314 \times 1073) = \underline{0,0695 \text{ mol}}$$

$$m_C = 0,0695 \text{ mol} \times 12 \text{ g/mol} = \underline{0,834 \text{ g}}$$

c) K_p rośnie ze wzrostem temperatury, zatem jest to reakcja endotermiczna

d) Objętość gazowych produktów jest większa niż gazowych substratów, zatem zgodnie z regułą Le Chateliera ciśnienie należy obniżyć.

Ad 2. Przy stechiometrycznym stosunku CO do H₂ mamy:

	CO	H ₂	CH ₃ OH
Pocz	1	2	0
rown	1-x	2-2x	x

Ułamek molowy CH₃OH w mieszaninie wynosi

$$y_{MetOH} = \frac{x}{1 - x + 2 - 2x + x} = \frac{x}{3 - 2x} = 0,20$$

Stąd $x = 0,43$

Ułamki molowe pozostałych reagentów:

$$y_{CO} = \frac{1 - 0,43}{3 - 2 \cdot 0,43} = 0,27$$

$$y_{H_2} = \frac{2 - 2 \cdot 0,43}{3 - 2 \cdot 0,43} = 0,53$$

Cząstkowe ciśnienie składnika mieszaniny gazów jest równe iloczynowi ułamka molowego tego składnika i ciśnienia całkowitego:

$$p_i = y_i \cdot p$$

Zatem stała K_p przy ciśnieniu całkowitym p

$$K_p = \frac{y_{metOH} \cdot p}{y_{CO} \cdot p \cdot (y_{H_2} \cdot p)^2} = \frac{0,2}{0,27 \cdot (0,53)^2} \cdot \left(\frac{1}{p}\right)^2 = 2,2 \cdot 10^{-4}$$

Stąd ciśnienie $p = 109,5$ bar

Ad 3. Entalpia reakcji $\Delta H = \Delta H_{tw} \text{ MetOH (g)} - \Delta H_{tw} \text{ CO (g)}$

$$\Delta H_{tw} \text{ MetOH (l)} = \Delta H_{tw} \text{ CO}_2 \text{ (g)} + 2\Delta H_{tw} \text{ H}_2\text{O (l)} - (-726 \text{ kJ/mol}) = -393,5 + 2 \cdot (-285,8) + 726$$

$$= -239,1 \text{ kJ/mol}$$

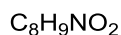
$$\Delta H_{tw} \text{ MetOH (g)} = -239,1 \text{ kJ/mol} + 37,6 \text{ kJ/mol (entalpia przejścia MetOH(l) \rightarrow \text{MetOH(g)})} = -201,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = \Delta H_{tw} \text{ MetOH (g)} - \Delta H_{tw} \text{ CO (g)} = -201,5 \text{ kJ/mol} - (-110,5 \text{ kJ/mol}) = \underline{-91 \text{ kJ/mol}}$$

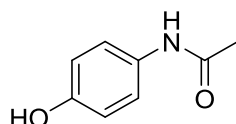
Zadanie E

1.

a)



b)



N-(4-hydroksyfenylo)acetamid

acetaminofen

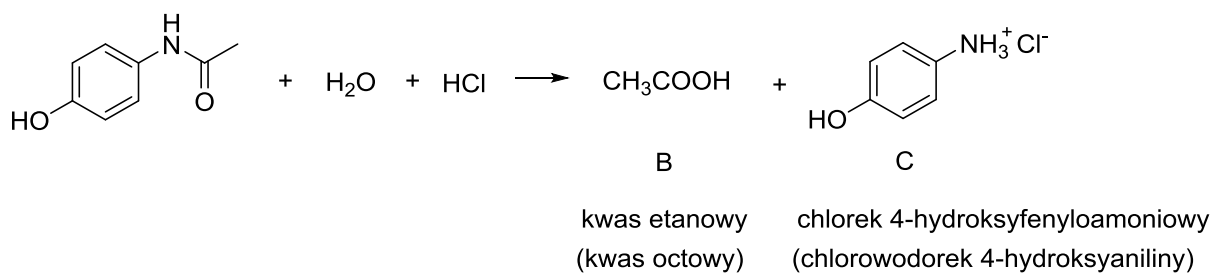
N-acetylo-4-aminofenol

4-acetamidofenol

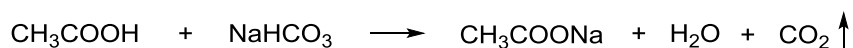
paracetamol

4'-hydroksyacetanilid

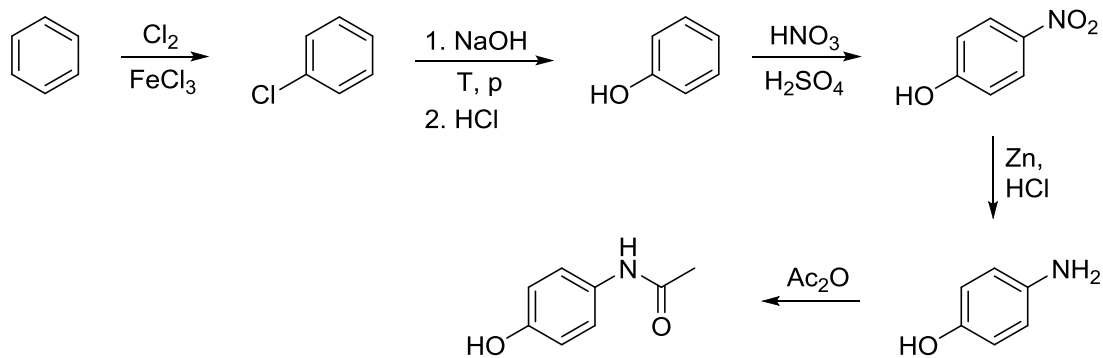
c)



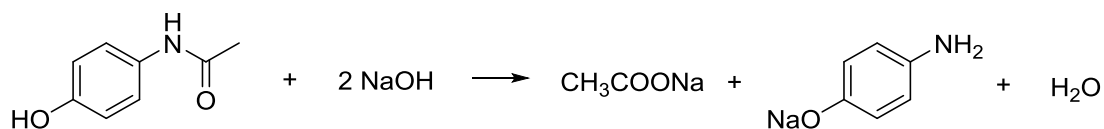
d)



e)

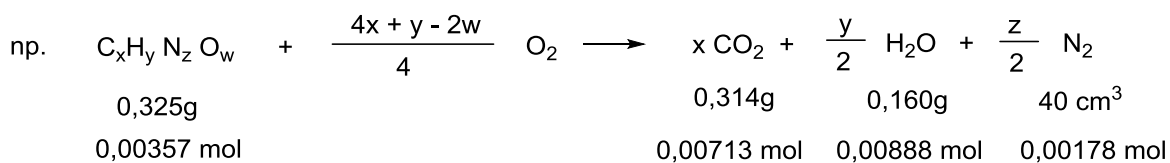


f)



2.

$$\begin{aligned}
 4,06\text{g} &- 1 \text{ dm}^3 \\
 x &- 22,4 \text{ dm}^3 \\
 x &= 91\text{g} \\
 M &= 91 \text{ g/mol}
 \end{aligned}$$



$$\frac{n_{zw}}{n_{CO_2}} = \frac{1}{x} \qquad \frac{n_{CO_2}}{n_{H_2O}} = \frac{2x}{y} \qquad \frac{n_{zw}}{n_{N_2}} = \frac{2}{z}$$

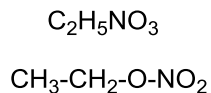
$$\frac{0,00357}{0,00713} = \frac{1}{x} \qquad \frac{0,00713}{0,00888} = \frac{2x}{y} \qquad z = 1$$

$$x = 2 \qquad y = 5$$

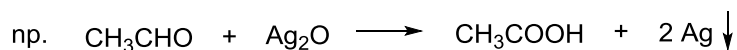
$$C_2H_5NO_w$$

$$91 - 43 = 48$$

$$48 : 16 = 3$$



3.



$$M CH_3COOH = 60 \text{ g/mol} \qquad 450\text{g} - 50\%$$

$$M CH_3CHO = 44 \text{ g/mol} \qquad x - 100\%$$

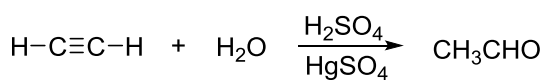
$$M C_2H_2 = 26 \text{ g/mol} \qquad x = 900\text{g kwasu}$$

$$1 \text{ mol kwasu} - 1 \text{ mol aldehydu}$$

$$60\text{g} - 44\text{g}$$

$$900\text{g} - x$$

$$x = 660\text{g aldehydu}$$



$$660\text{g} - 40\%$$

$$x - 100\%$$

$$x = 1650\text{g aldehydu}$$

$$1 \text{ mol aldehydu} - 1 \text{ mol acetylenu}$$

$$44\text{g} - 26\text{g}$$

$$1650\text{g} - x$$

$$x = 975\text{g acetylenu}$$

$$26\text{g} - 22,4 \text{ dm}^3$$

$$975\text{g} - x$$

$$\text{Odp. } \underline{x = 840 \text{ dm}^3}$$