Līdzfinansē Eiropas Savienība
Nacionālais attīstības plāns 2027
Valsts izglītības attīstības aģentūra
1862 RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
LATVIJAS UNIVERSITĀTE

Eiropas Sociālā fonda Plus projekts Nr. 4.2.2.3/1/24/I/001 "Pedagogu profesionālā atbalsta sistēmas izveide"

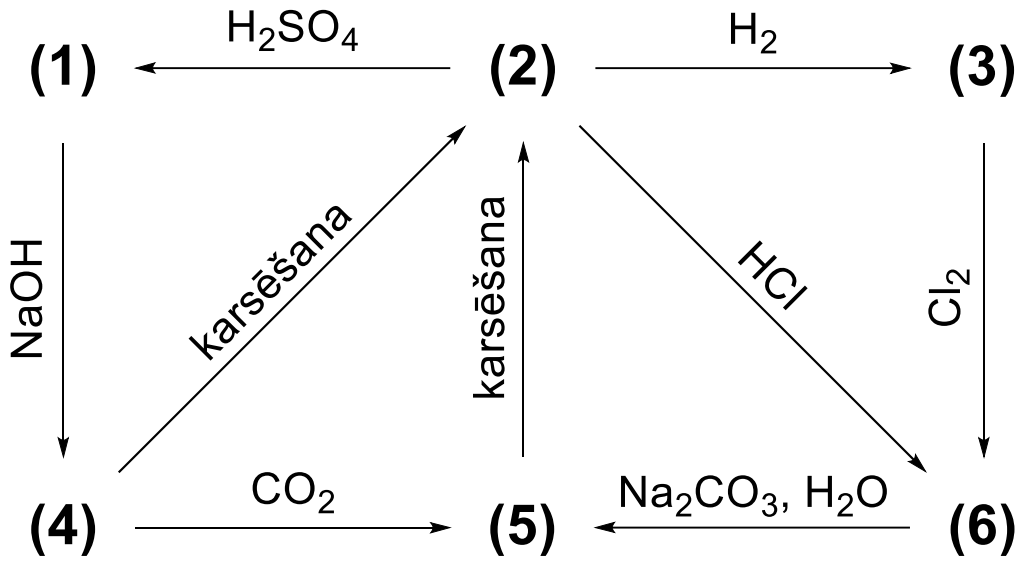
ĶĪMIJAS 66. OLIMPIĀDES
VALSTS POSMA 9. KLASES UZDEVUMU ATRISINĀJUMI

Kopā: 75 punkti

1. uzdevums ***Kāršu namiņš*** ***15 punkti***

Atrisini doto reakciju pārvērtību shēmu, nosakot, kurās vietās shēmā jāizliek piedāvātās ķīmiskās vielas. Uz bultām norādīti attiecīgo ķīmisko reakciju apstākļi vai izmantotie reaģenti. Piezīme: nav norādīts, vai izmantota cieta/gāzveida viela vai tās šķīdums ūdenī un vai reakcija tiek karsēta vai nē. Izņēmums – ja reakcijā reaģenti netiek pievienoti un tiek veikta tikai karsēšana.

Vielu saraksts: **$CuCl_2$, Cu, $Cu(OH)_2$, CuO, $CuSO_4$, $Cu_2(OH)_2CO_3$**



1. Nosaki visiem shēmā dotajiem cipariem atbilstošo ķīmisko vielu formulas! *(6p.)*

(1) **$CuSO_4$**	**(2)** **CuO**	**(3)** **Cu**
(4) **$Cu(OH)_2$**	**(5)** **$Cu_2(OH)_2CO_3$**	**(6)** **$CuCl_2$**

2. Uzraksti visām shēmā norādītajām pārvērtībām atbilstošos ķīmisko reakciju vienādojumus! Izliec mazākos, veselos koeficientus. *(9p.)*

(2) → (1) **$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$**
(1) → (4) **$CuSO_4 + 2\ NaOH \rightarrow Cu(OH)_2 + Na_2SO_4$**
(4) → (2) **$Cu(OH)_2 \rightarrow CuO + H_2O$**

Atbalstītāji:
Grindex
LATVIJAS VALSTS KOKSNES ĶĪMIJAS INSTITŪTS
kinetics
Latvijas Organiskās sintēzes institūts
TENA CHEM MEMBER OF THE SOUDAL GROUP
Olpha

(4) → (5) $2\ Cu(OH)_2 + CO_2 \rightarrow Cu_2(OH)_2CO_3 + H_2O$
(5) → (2) $Cu_2(OH)_2CO_3 \rightarrow 2\ CuO + H_2O + CO_2$
(2) → (3) $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$
(3) → (6) $Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2$
(2) → (6) $CuO + 2\ HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$
(6) → (5) $2\ CuCl_2 + 2\ Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow Cu_2(OH)_2CO_3 + 4\ NaCl + CO_2$

2. uzdevums ***PNiktogēni*** ***13 punkti***

. Fosforam dabā sastopams tikai viens izotops - ^{31}P, taču mākslīgi iegūti arī vairāki citi radioaktīvie izotopi, piemēram, ^{32}P un ^{33}P.

1. Paskaidro, kas ir "izotops"! *(0,5p.)*

Izotopi ir viena elementa atomi ar atšķirīgu neitronu skaitu kodolā.

2. Aizpildi tabulu par fosfora izotopu uzbūvi! *(4,5p.)*

Izotops	Protonu skaits	Neitronu skaits	Elektronu skaits
^{31}P	15	16	15
^{32}P	15	17	15
^{33}P	15	18	15

Fosforam sadegot gaisā, var veidoties 2 oksīdi - **A** un **B**. Oksīds **A** rodas pazeminātās temperatūrās, nepietiekama skābekļa klātbūtnē. Fosfora masas daļa oksīdā **A** ir 56,36%.

3. Nosaki oksīda **A** molekulformulu! *(1,5p.)*

$n(P) = \frac{m}{M} = \frac{56,36}{31} = 1,82\ mol$ *- 0,5 p.*

$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{100-56,36}{16} = 2,73\ mol$ *- 0,5 p.*

$\frac{n(P)}{n(O)} = \frac{1,82}{2,73} = \frac{2}{3} \rightarrow P_2O_3$, (P_4O_6) *-0,5 p.*

Oksīdā **B** fosforam ir augstākā iespējamā oksidēšanās pakāpe un to iegūst, fosforu sadedzinot paaugstinātā temperatūrā, pietiekamā skābekļa daudzumā. Šajā oksīdā fosfora masas daļa ir 43,66%.

4. Nosaki oksīda **B** molekulformulu! *(1,5p.)*

$n(P) = \frac{m}{M} = \frac{43{,}66}{31} = 1{,}41\ mol$ - 0,5 p.

$n(O) = \frac{m}{M} = \frac{100-43{,}66}{16} = 3{,}52\ mol$ - 0,5 p.

$\frac{n(P)}{n(O)} = \frac{1{,}41}{3{,}52} = \frac{2}{5} \rightarrow P_2O_5$, ($P_4O_{10}$) -0,5 p.

Oksīdam **B** ir spēcīgas dehidratējošas īpašības. To izmanto gan vielu "žāvēšanai", gan arī lai "atņemtu ūdeni" dažādiem savienojumiem. Slāpekļskābes reakcijā ar oksīdu **B** iegūst vielu **C**, ko dēvē par slāpekļskābes anhidrīdu (grieķu: *anhydros* - bezūdens), jo tas ir skābei atbilstošais skābais oksīds. Elementu attiecība šajā oksīdā ir tāda pati kā oksīdā **B.**

5. Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu, kas apraksta, kā oksīds **B** "atņem" ūdeni slāpekļskābei! *(1p.)*

$P_2O_5 + 6\ HNO_3 \rightarrow 3\ N_2O_5 + 2\ H_3PO_4$ - 1 p.

Dabā gan slāpekļskābes rašanās skaidrojama ar divu citu slāpekļa oksīdu rašanos **D** un **E**. Oksīdā **D** slāpekļa oksidēšanās pakāpe ir par vienu zemāka, kā oksīdā **C,** taču oksīdā **E** - divreiz zemāka kā oksīdā **D**.

6. Nosaki, kas ir oksīdi **D** un **E**. *(2p.)*

D - NO_2 *E - NO*

7. Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu, kurā no oksīda **D** tiek iegūta slāpekļskābe! *(2p.)*

$4\ NO_2 + O_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ HNO_3$ vai $2\ NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$

- *1 p., ja uzrakstīts kāds no reakcijas vienādojumiem - 1 p. par pareizi izliktiem koeficientiem*

3. uzdevums ***Baibas hobijs*** ***15 punkti***

Jaunā ķīmiķe Baiba nodarbojas ar gleznošanu. Diemžēl mākslas darba tapšanas laikā viņai beidzās baltais pigments. Tomēr viņa par to lieki nesatraucās un lika lietā savas ķīmijas zināšanas. Viņa zināja, ka laboratorijas plauktā viņai glabājas kāda metāla gabals, ko viņa varētu pārvērst par skaistu baltu pigmentu. Šī metāla karbonātā metāla masas daļa ir 69,5%.

1. Aprēķini, kas ir šis metāls. *(2p.)*

Pieņem, ka ir 100 g šī metāla karbonāta. Tad metāla masa ir 69,5 g, savukārt karbonātjona 30,5 g.

Izmantojot sekojošo sakarību pārbauda dažādas metāla oksidēšanās pakāpes un nosaka, ka metāls ir Ba.

$$n_{Mx(CO3)y} = y \cdot n_{CO3} = \frac{m_{Mx(CO3)y}}{M_{Mx(CO3)y}} = \frac{100}{x \cdot M_M + y \cdot M_{CO3}}$$

$$M_M = \frac{196{,}7 - 60y}{x}$$

Metāla oks. pak.	x	y	Metāla Molmasa	Atbilstošie elementi
+1	2	1	68	Nav
+2	1	1	137	Ba
+3	2	3	8	Nav
+4	1	2	77	Nav
+5	2	5	-52	Nav
+6	1	3	17	Nav
+7	2	7	-112	Nav
+8	1	4	-43	Nav

Baibas plāns bija pārvērst šo metālu par pigmentu atbilstoši zemāk redzamajai shēmai, kur ar X apzīmēts metāls. Viņa zināja, ka pēdējam solim izmantos nātrija sulfātu.

$$X \rightarrow XO \rightarrow XOH \rightarrow XCO_3 \rightarrow XS \rightarrow XCl \rightarrow XNO_3 \rightarrow XSO_4$$

2. Piedāvā, ar kādiem reaģentiem Baibai veikt minētās pārvērtības, un uzraksti visu shēmā minēto ķīmisko reakciju vienādojumus. *(7p.)*

$Ba \rightarrow BaO$	$2\ Ba + O_2 \rightarrow 2\ BaO$
$BaO \rightarrow Ba(OH)_2$	$BaO + H_2O \rightarrow Ba(OH)_2$
$Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3$	$Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow BaCO_3 + H_2O$
$BaCO_3 \rightarrow BaS$	$BaCO_3 + H_2S \rightarrow BaS + H_2O + CO_2$
$BaS \rightarrow BaCl_2$	$BaS + 2\ HCl \rightarrow BaCl_2 + H_2S$
$BaCl_2 \rightarrow BaNO_3$	$BaCl_2 + 2\ AgNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + 2\ AgCl$
$Ba(NO_3)_2 \rightarrow Ba_2SO_4$	$Ba(NO_3)_2 + Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2\ NaNO_3$

1 punkts par katru vienādojumu.

Baiba šo shēmu sāka ar 37,1 g metāla X, tomēr beigās viņa secināja, ka iegūtā produkta masa ir 67,33 g, kas atšķiras no viņas teorētiskajiem aprēķiniem. Baiba pamanīja, ka steigā bija paņēmusi nepareizo burku. Viņa nātrija sulfāta vietā bija paņēmusi tā dekahidrātu.

3. Ja Baiba pievienoja tik gramus dekahidrāta, cik būtu nepieciešams pēc aprēķiniem pievienot nātrija sulfātu, cik g metāla X sulfāta viņa ieguva? Cik grami X nitrāta palika neizreaģējuši? Vai Baibas iegūtā maisījuma masa bija lielāka vai mazāka kā teorētiski sagaidāms?
(5p.)

Sākumā aprēķina, cik nātrija sulfāta Baiba plānoja pievienot.

$$n_{Ba} = n_{BaSO4} = n_{Na2SO4} = \frac{m_{Ba}}{M_{Ba}} = \frac{37{,}1}{137} = 0{,}2708\ mol$$

$$m_{Na2SO4} = n_{Na2SO4} \cdot M_{Na2SO4} = 0{,}2708 \cdot 142 = 38{,}45\ g$$

Tad aprēķina kādu daudzumu nātrija sulfāta dekahidrāta viņa pievienoja.

$$n_{Na2SO4*10H2O} = \frac{m_{Na2SO4}}{M_{Na2SO4*10H2O}} = \frac{38,45}{322} = 0,1194\ mol$$

Zinot, pievienoto vielas daudzumu aprēķina iegūto bārija sulfāta daudzumu un palikušo bārija nitrāta daudzumu.

$$m_{BaSO4} = n_{BaSO4} \cdot M_{BaSO4} = 0,1194 \cdot 233 = 27,82\ g$$

$$m_{Ba(NO3)2} = n_{Ba(NO3)2} \cdot M_{Ba(NO3)2} = (0,2708 - 0,1194) \cdot 261 = 39,51\ g$$

Aprēķina teorētiski iegūstamā bārija sulfāta masu.

$$m_{BaSO4} = n_{BaSO4} \cdot M_{BaSO4} = 0,2708 \cdot 233 = 63,1\ g$$

Tā kā maisījuma kopējā masa bija 67,33 g, bet teorētiskā 63,1 g, tad tā bija lielāka, nekā Baiba sagaidīja.

1 punkts par katru darbību.

Baiba atrada pareizo nātrija sulfāta burku un vēlējās pabeigt sintēzi līdz galam.

4. Aprēķini, cik g nātrija sulfāta Baibai vēl jāpievieno, lai neizreaģējušo nitrātu pārvērstu par metāla X sulfātu? *(1p.)*

Aprēķina nepieciešamo nātrija sulfāta masu.

$$m_{Na2SO4} = n_{Na2SO4} \cdot M_{Na2SO4} = (0,2708 - 0,1194) \cdot 142 = 21,5\ g$$

1 punkts par darbību.

4. uzdevums ***Ķīmiskā agresija*** ***12 punkti***

Ķīmiskais elements **A** veido vienu no visreaģētspējīgākajām un agresīvākajām vienkāršajām vielām – divatomu gāzi $\mathbf{A_2}$. Tā istabas temperatūra reaģē ar daudziem metāliem, nemetāliem un saliktām vielām. Tās reakcija ar ūdeņradi notiek pat tumsā un temperatūrās, kas ir ievērojami zemākas nekā 0^o C, un rodas binārais savienojums **B**, kas satur 5,0 % ūdeņradi (pēc masas).

1. Aprēķini elementa **A** un savienojuma **B** ķīmiskās formulas. *(2p.)*

Reakcija $A_2 + H_2 \rightarrow 2\ HA$, līdz ar to vielas B formula ir HA.

Ja ūdeņradis ir 5% pēc masas, tad molmasa ir 1/0,05=20 g/mol

Iegūst, ka elements A = F un viela B = HF.

$\mathbf{A_2}$ tiešā veidā reaģē ar vienkāršu vielu **C**. Atkarībā no reakcijas apstākļiem rodas savienojumi **D**, **E** vai **F**, kuros ķīmiskā elementa **C** oksidēšanas pakāpes ir attiecīgi +2, +4 un +6. Savienojuma **E** (tajā **C** oksidēšanas pakāpe ir +4) molmasa ir 207 g/mol.

2. Aprēķini savienojuma **E** ķīmisko formulu. *(1p.)*

Savienojums E var būt apzīmēts arī kā CF_4. Tādējādi molmasa ir $M_C+4 \cdot 19$ g/mol = 207 g/mol

Atrisina un iegūst C = Xe, līdz ar to E = XeF_4.

3. Uzraksti minētos ķīmisko reakciju vienādojumus, kuros veidojas vielas **D**, **E** un **F**. *(3p.)*

$Xe + F_2 \rightarrow XeF_2$

$Xe + 2\ F_2 \rightarrow XeF_4$

$Xe + 3\ F_2 \rightarrow XeF_6$

1 p. par katru vienādojumu

Visi trīs savienojumi **D**, **E** un **F** reaģē ar ūdeni (hidrolizējas). Savienojuma **D** hidrolīzē rodas trīs reakcijas produkti – savienojums **B** un divas vienkāršas vielas.

4. Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu savienojuma **D** hidrolīzei. *(2p.)*

$2\ XeF_2 + 2\ H_2O \rightarrow 4\ HF + 2\ Xe + O_2$

1 punkts par pareizu vienādojumu, 1 punkts par pareiziem koeficientiem.

Savukārt savienojuma **F** hidrolīzē rodas tikai divi reakcijas produkti – savienojums **B** un skābais oksīds **G**, kas satur 26,8 % skābekli (pēc masas).

5. Aprēķini skābā oksīda **G** ķīmisko formulu un uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu savienojuma **F** hidrolīzei. *(2p.)*

Vielas G formula ir XeOx.

Sastāda masas daļas aprēķina formulu $\frac{16x}{131+16x} = 0{,}268$

Atrisina un iegūst x = 3, līdz ar to G = XeO_3. (1 p.)

$XeF_6 + 3\ H_2O \rightarrow 6\ HF + XeO_3$

1 p. par vienādojumu.

Savienojums **E** reaģē ar kālija jodīdu, veidojot trīs reakcijas produktus – sāli un divas vienkāršas vielas. Viena no šīm vienkāršajām vielām ar cieti veido zili-violetu krāsojumu.

6. Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu savienojuma **E** reakcijai ar kālija jodīdu. *(2p.)*

$XeF_4 + 4\ KI \rightarrow Xe + 4\ KF + 2\ I_2$

1 punkts par pareizu vienādojumu, 1 punkts par pareiziem koeficientiem.

5. uzdevums ***Mistērija*** ***7 punkti***

Ilgstoši uzglabājot gaisā metālu **A**, tas pārklājas ar oksīda kārtiņu, kurā metāla oksidēšanas pakāpe ir +2. Lai izšķīdinātu 2,64 g šāda parauga (metāla maisījums ar tā oksīdu) izlietoja 400 mL 0,50 M HCl šķīdumu.

1. Aprēķini metāla ķīmisko formulu. Aprēķini metāla oksīda masas daļu paraugā. *(7p.)*

Ar sālsskābi reaģēs gan metāls, gan metāla oksīds.

$A + 2\ HCl \rightarrow ACl_2 + H_2$ (1 p.)

$AO + 2\ HCl \rightarrow ACl_2 + H_2O$ (1 p.)

Kopā patērētais sālsskābes daudzums ir

$n = c \cdot V = 0{,}4L \cdot 0{,}50M = 0{,}2\ mol$ (1 p.)

Varam ievērot, ka koeficients pie HCl ir 2 abās reakcijās, kas nozīmē, ka katrā reakcijā A un AO tiek patērēts 2 reizes mazāk. Kopējais A + AO daudzums tādējādi ir 0,1 mol. (1 p.)

Varam apskatīt robežgadījumus: a)viss maisījums ir tikai A b)viss maisījums ir tikai AO

a)gadījumā n = 0,1 mol un m = 2,64g, līdz ar to $M_A = m/n = 2{,}64g/0{,}1mol = 26{,}4\ g/mol$

b)gadījumā n = 0,1 mol un m = 2,64g, līdz ar to M_{AO} = m/n = 2,64g/0,1mol = 26,4 g/mol un MA = 26,4 g/mol – 16 g/mol = 10,4 g/mol.

Šie rezultāti nozīmē, ka A molmasa ir starp 10,4 g/mol un 26,4 g/mol. Vienīgais divvērtīgais metāls, kas atbilst ir A = Mg (M = 24,3 g/mol). (1 p.)

m_{Mg} + m_{MgO} = 2,64 g; Savukārt $\frac{m_{Mg}}{24{,}3\ g/mol} + \frac{m_{MgO}}{40{,}3\ g/mol} = 0{,}1\ mol$ (1 p.)

Atrisinām šo vienādojumu sistēmu un iegūstam wMgO = 20%. (1 p.)

6. uzdevums ***Identitātes krīze*** ***13 punkti***

Divi šķīdumi saturēja identisku nātrija hidroksīda daudzumu.

Pirmā šķīduma tilpums bija 12,0 mL un koncentrācija c_1. Šajā šķīdumā ievadīja 1,00 L (n.a.) ogļskābo gāzi, kura pilnībā izreaģēja. Pēc reakcijas šķīdumu ietvaicēja un noteica, ka iegūtā sausā atlikuma masa ir 4,088 g un tas satur divas vielas **A** un **B**.

Otrā šķīduma tilpums bija 1,00 L un koncentrācija c_2. Arī šajā šķīdumā ievadīja 1,00 L (n.a.) ogļskābo gāzi, kura pilnībā izreaģēja. Pēc reakcijas šķīdumu ietvaicēja un noteica, ka iegūtā sausā atlikuma masa ir 4,365 g un tas satur **B** un nātrija hidroksīdu.

1. Uzraksti vielu **A** un **B** ķīmiskās formulas. *(4p.)*

Koncentrēts nātrija hidroksīds (pirmais šķīdums) ar ogļskābo gāzi reaģē sākumā veidojot nātrija karbonātu, kas pēcāk var reaģēt ar papildus ogļskābo gāzi, ja tāda pievadīta.

$2\ NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow 2\ NaHCO_3$

Atšķaidīts nātrija hidroksīds (otrais šķīdums) ar ogļskābo gāzi reaģē veidojot nātrija hidrogēnkarbonātu:

$NaOH + CO_2 \rightarrow NaHCO_3$

Tātad **A = Na_2CO_3** un **B = $NaHCO_3$**. 2 punkti par katru atminēto vielu.

2. Nosaki vielas **B** masas daļu gan maisījumā ar **A**, kā arī maisījumā ar nātrija hidroksīdu. *(7p.)*

Aprēķinām ogļskābas gāzes daudzumu:

$n = \frac{V}{V_0} = \frac{1{,}00}{22{,}4} = 0{,}04464\ mol$ (1 p.)

<u>Otrajā šķīdumā</u> viss oglekļa dioksīds pārvēršas $NaHCO_3$, tātad izveidojoties 0,04464 mol $NaHCO_3$, kura masa tātad ir

m = n·M=0,04464·84,0=3,750 g. Tā masas daļa maisījumā līdz ar to ir 3,75/4,365 = **85,9%** (1 p.)

Nātrija hidroksīda masa šajā maisījumā ir 4,365 – 3,750 = 0,6152 g.

Neizreaģējušā nātrija hidroksīda daudzums tātad ir n = m/M = 0,6152/40,0 = 0,01538 mol.

Sākotnējais nātrija hidroksīda daudzums otrajā šķīdumā tātad bija 0,04464 + 0,01538 = **0,0600 mol**. (1 p.)

Tā kā tikpat bija nātrija hidroksīda <u>pirmajā šķīdumā</u>, sākotnēji tas pilnībā izreaģēja, pārvēršoties 0,0600/2 = 0,0300 mol Na_2CO_3, patērējot 0,0300 mol CO_2. (1 p.)

Otrajā reakcijā ar Na_2CO_3 izreaģēja atlikušie 0,04464 – 0,0300 = 0,01464 mol CO_2, rodoties 2·0,01464 = 0,02928 mol $NaHCO_3$. Tā masa tātad bija m = n·M = 0,02928·84,0 = 2,460 g. (1 p.)

Neizreaģējušais Na_2CO_3 daudzums savukārt bija 0,0300 - 0,01464 = 0,01536 mol, kas atbilst tā masai m = n·M = 0,01536·106,0 = 1,628 g. (1 p.)

Pārliecināmies, ka kopējā masa patiešām ir 4,088 g, un aprēķinam $NaHCO_3$ masas daļu sausajā atlikumā kā 2,460/4,088 = **60,2%**. (1p.)

3. Aprēķini koncentrāciju c_1 un c_2. *(2p.)*

Tā kā nātrija hidroksīda daudzums ir 0,0600 mol:

$$c_1 = \frac{n}{V} = \frac{0{,}0600\ mol}{0{,}0120\ L} = 5{,}00\ \frac{mol}{L}$$

$$c_2 = \frac{n}{V} = \frac{0{,}0600\ mol}{1{,}00\ L} = 0{,}0600\ \frac{mol}{L}$$

1 p. par katru pareizu atbildi.