

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO TALANTU ATTĪSTĪBAI

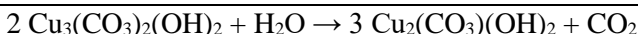
Kods: _____

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.

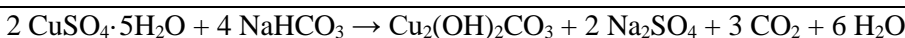
ĶĪMIJAS 64. OLIMPIĀDES
VALSTS POSMA 11. KLASES UZDEVUMI
Kopā: 89 punkti
1. uzdevums
Sporta karaļa rota
10 punkti

2022. gada nogalē norisinājās FIFA Pasaules kauss futbolā, kurā Argentīnas komanda izcīnīja zelta kausu. Kausa pamatnē esošās divas svītras ir veidotas no minerāla malahīta. Malahīts ir minerāls, ar kuru saskaramies arī ikdienā, jo laika gaitā apkārtējās vides ietekmē malahīta pārklājums veidojas uz bronzas, misiņa un citiem varu saturošiem sakausējumiem. Malahīta ķīmiskā formula ir $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$. Ļoti līdzīgs minerāls ir azurīts, kura ķīmiskā formula ir $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. Atšķirībā no malahīta, azurīts nav tik stabils un apkārtējās vides ietekmē pārvēršas par malahītu.

1. Uzraksti reakcijas vienādojumu, kas attēlo azurīta pārvēršanos par malahītu vides ietekmē. (1p.)



2. Skolotāja jaunajam ķīmiķim Antonam atļāva veikt viņa izvēlēta savienojuma sintēzi, izmantojot laboratorijā pieejamās vielas. Tā kā Antona mīļākā krāsa ir zaļa, viņš nolēma iegūt tieši $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$. Skolas laboratorijā visvairāk bija pieejams NaHCO_3 un $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, un Antons nolēma izmantot šos divus sāļus kā izejvielas. Uzraksti Antona veiktās reakcijas vienādojumu. (1p.)



3. No dotajām atzīmē visas vielas, kuras vēl Antons varētu izmantot, lai veiktu šo sintēzi. (1p.)

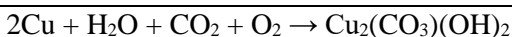


4. Antons vēlējās iegūt arī azurītu $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. Uzraksti arī azurīta iegūšanas reakcijas vienādojumu no NaHCO_3 un $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$! Kas varētu būt jāmaina, lai sintēzē iegūtu šo vielu? (1p.)



Redzam, ka vielas reaģē tādā pat attiecībā, līdz ar to reakcija jāveic citos apstākļos (temperatūra, koncentrācija, ...)

5. Uzraksti vienādojumu reakcijai, kā apkārtējā vidē no vara rodas malahīts! (1p.)



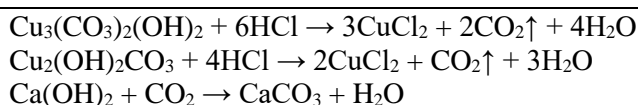
Par laimi Antonam tomēr nevajadzēja veikt šī savienojuma sintēzi, jo viņa ģeogrāfijas skolotājs atrada vecus azurīta paraugus. Daži no paraugiem jau bija vietām kļuvuši zaļgani, un Antons vēlējās noskaidrot, cik daudz azurīta un malahīta saturēja viens no šiem paraugiem.

Lai to paveiktu Antons vienu no paraugiem nosvēra. Tā masa bija 7,21 g. Tālāk Antons ar skolotājas palīdzību sagatavoja visu nepieciešamo reakcijas veikšanai. Trīs kaklu apalkolbā viņš ievietoja sasmalcinātu azurīta paraugu, vienu no kolbas kakliem viņš savienoja ar stikla aizbāzni noslēgtu pilināmo piltuvi, kas saturēja 2 M sālsskābi, otru viņš noslēdza ar gumijas cauruli, kas bija ievadīta vārglāzē ar Ca(OH)₂ šķīdumu. Šo vārglāzi ar šķīdumu viņš bija nosvēris pirms reakcijas veikšanas un tā svēra 197,64 g. Trešo kolbas kaklu viņš noslēdza ar stikla aizbāzni. Tad viņš atgriezta pilināmās piltuves krānu, lai pa pilienam pievienotu sālsskābi, un sekoja reakcijas gaitai, vērojot masu vārglāzei ar Ca(OH)₂ šķīdumu. Brīdī, kad šīs vārglāzes masa vairs nemainījās, viņš izņēma gumijas caurules galu un vārglāzi ar šķīdumu nosvēra. Tās masa nu bija 199,35 g.

6. Kāda viela tika uztverta Ca(OH)₂ šķīdumā? (0,5p.)

CO₂

7. Uzraksti visu veikto ķīmisko pārvērtību vienādojumus! (1,5p.)



8. Aprēķini uztvertās vielas daudzumu mmol. (0,5p.)

$$m\text{CO}_2 = m(\text{vārglāze pēc reakcijas}) - m(\text{vārglāze pirms reakcijas}) = 199,35 - 197,64 = 1,71 \text{ g}$$

$$n\text{CO}_2 = m\text{CO}_2/M\text{CO}_2 = 1,71/44 = 38,86 \text{ mmol}$$

9. Aprēķini, cik % no azurīta bija pārvērtušies par malahītu? (2,5p.)

$m(A)$ – azurīta masa, $m(M)$ – malahīta masa, $M(M) = 222 \text{ g/mol}$ – malahīta molmasa, $M(A) = 346$ – azurīta molmasa.

$$m(A) + m(M) = 7,21$$

$$n(A) \cdot M(A) + n(M) \cdot M(M) = 7,21$$

Izmantojot sekojošās sakarības iegūst vienādojumu sistēmu, kuru atrisinot var noteikt vainu azurīta vai malahīta daudzumu un no tā masu.

$$m(A) + m(M) = 7,21$$

$$n(A) \cdot M(A) + n(M) \cdot M(M) = 7,21$$

$$n(\text{CO}_2, A) + n(\text{CO}_2, M) = 0,03886$$

$$\begin{cases} n(A) \cdot M(A) + n(M) \cdot M(M) = 7,21 \\ 2 \cdot n(A) + n(M) = 0,03886 \end{cases}$$

$$m(A) = 5,00 \text{ g}$$

$$m(M) = 2,21 \text{ g}$$

$$w\%(M) = \mathbf{30,65 \%}$$

Kods: _____

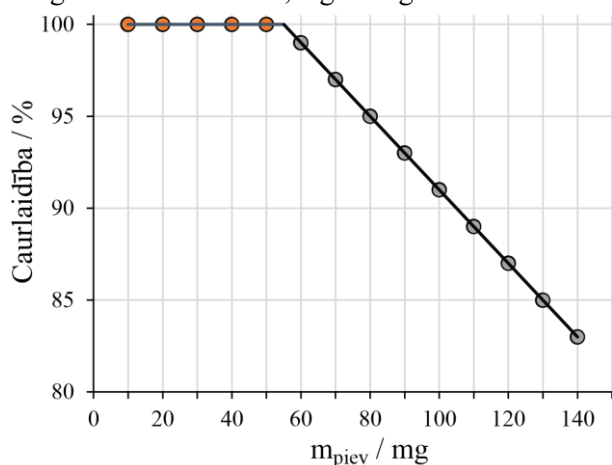
2. uzdevums

Caur nogulsnēm uz gaismu

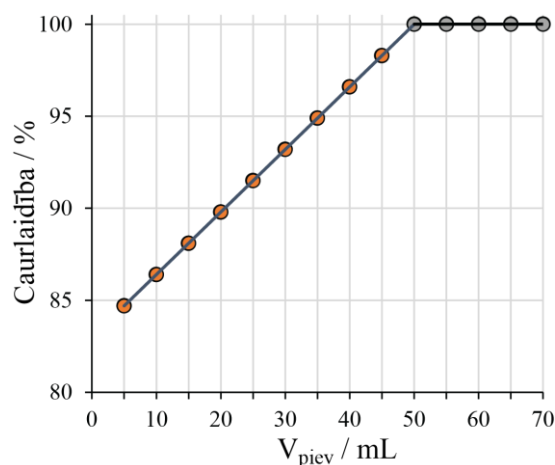
10 punkti

Ķīmiskajā analizē samērā bieži tiek izmantoti kāda fizikāla raksturlieluma mērījumi atkarībā no laika vai pievienotā reaģenta vai vielas daudzuma. Šajā uzdevumā apskatīsim vienu no šādiem raksturlielumiem – gaismas caurlaidību, ko mēra šķīduma maisīšanās procesā. Dzidrā šķīdumā gaismas caurlaidība ir identiska ar tīra šķīdinātāja gaismas caurlaidību, ko iestata kā 100% caurlaidību. Ja šķīdumā parādās nogulsnes, tās maisot veido suspensiju, un gaismas caurlaidība samazinās, 0% caurlaidībai atbilstot situācijai, kad gaisma caur suspensiju vairs neizklūst nekādā nomērāmā intensitātē.

Students bija nolēmis noteikt kalcija sulfāta šķīdību, mērot gaismas caurlaidību, sākotnēji izmantojot pieeju **A**. Šim nolūkam viņš ņēma 20,0 mL ūdens, to termostatēja 25 °C un ar soli 10,0 mg pievienoja bezūdens kalcija sulfātu. Šķīdumu maisīja un 5 minūtes pēc katras kalcija sulfāta porcijas pievienošanas mērīja gaismas caurlaidību, iegūstot grafiku **A**.



A



B

1. Izmanto grafikā **A** dotos datus un nosaki kalcija sulfāta šķīdību ūdenī 25 °C, izteiktu g uz 100 mL ūdens! (1p.)

No **A** grafika varam nolasīt, ka caurlaidība sāk samazināties (tātad nogulsnes sāk parādīties) brīdī, kad pievienotā masa ir 55 mg. Tā kā eksperimentā ņēma 20,0 mL ūdens, šķīdība kalcija sulfāta šķīdība 100 mL ūdens būs 5 reīzu lielāka:

$$S = 55 \text{ mg} \cdot 5 = 275 \text{ mg}/100 \text{ mL} = \mathbf{0.275 \text{ g}/100 \text{ mL}}$$

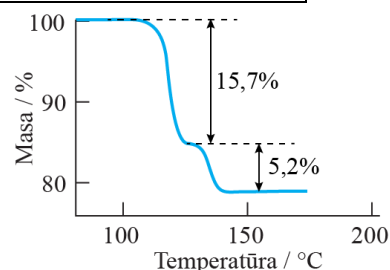
Trauku, kurā pie 20,0 mL ūdens bija pievienoti 140 mg kalcija sulfāta, students noslēdza, un pēc nedēļas nolēma šķīdību pārbaudīt vēlreiz, lietojot nedaudz atšķirīgu pieeju **B**. Iepriekš iegūto suspensiju students termostatēja 25 °C un ar soli 5,00 mL pievienoja ūdeni. Suspensiju maisīja un 5 minūtes pēc katras ūdens porcijas pievienošanas mērīja gaismas caurlaidību, iegūstot grafiku **B**.

2. Izmanto grafikā **B** dotos datus un nosaki kalcija sulfāta šķīdību ūdenī 25 °C, izteiktu g uz 100 mL ūdens! (1p.)

No **B** grafika varam nolasīt, ka caurlaidība sasniedz 100% (tātad visas nogulsnes ir izšķīdušas) brīdī, kad pie sākotnējiem 20 mL pievienoti 50 mL. Tātad šķīdība ir 140 mg 70,0 mL ūdens, līdz ar ko 100 mL ūdens tā būs:

$$S = 140 \text{ mg} \cdot 100 / 70 = \mathbf{0.200 \text{ g}/100 \text{ mL}}$$

Lai saprastu, kādēļ iegūtie rezultāti atšķiras, students atkārtoti veica eksperimentu pēc pieejas **A**, iegūstot tādu pašu rezultātu. Pēc nedēļas viņš suspensiju filtrēja, iegūto produktu analizēja un konstatēja, ka nogulsnēs neatbilst tīram kalcija sulfātam, bet hidratam **X**. Šo hidratu karsējot iegūtā termogravimetrijas līkne dota attēlā – sākumā rodas **Y**, un 150 °C veidojas bezūdens kalcija sulfāts. Tikai pēc tam students noskaidroja, ka 25 °C **X** ūdens klātienē ir stabilāks nekā bezūdens kalcija sulfāts.



3. Nosaki **X** un **Y** ķīmiskās formulas! Kāds ir **X** triviālais nosaukums? (2p.)

Varam redzēt, ka **X**, kas atbilst kalcija sulfāta hidrātam $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, pārvēršanās bezūdens kalcija sulfātā saistīta ar masas zudumu $15,7 + 5,2 = 20,9\%$. Tātad koeficientu x varam aprēķināt kā:

$$w_{\text{zud}} = \frac{x \cdot M_{\text{ūd}}}{M_{\text{CaSO}_4} + x \cdot M_{\text{ūd}}} \cdot 100$$

$$M_{\text{CaSO}_4} w_{\text{zud}} + x \cdot M_{\text{ūd}} w_{\text{zud}} = x \cdot M_{\text{ūd}} \cdot 100$$

$$M_{\text{CaSO}_4} w_{\text{zud}} + x \cdot M_{\text{ūd}} w_{\text{zud}} = \frac{M_{\text{CaSO}_4} w_{\text{zud}}}{M_{\text{ūd}}(100 - w_{\text{zud}})} = \frac{136,14 \cdot 20,9}{18,02 \cdot (200 - 20,9)} = \mathbf{2,00}$$

Tātad **X** = $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, kas atbilst ģipsim.

Arī **Y** būs kāds kalcija sulfāta hidrāts, taču ar atšķirīgu stehiometriju. Tā kā masas zudums 20,9% atbilst 2 ūdens molekulu jeb 36 g/mol zaudēšanai, masas zudums 5,2% atbilst $5,2 \cdot 36 / 20,9 = 9,0$ jeb pus ūdens molekulas zaudēšanai. Tātad **Y** = $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.

4. Nosaki, kāda ir **X** šķīdību ūdenī 25 °C, izteikta g uz 100 mL. (1p.)

Pēc nedēļas šķīdumā esošā koncentrācija atbilst $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ šķīdībai. Tā kā no 140 mg CaSO_4 izveidojusies $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ masa ir:

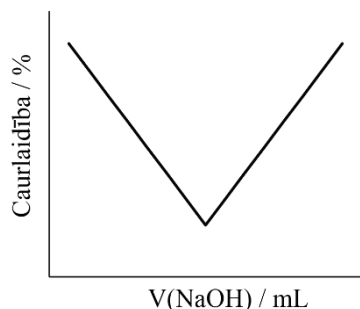
$$m(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CaSO}_4) \cdot M(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CaSO}_4)} = \frac{140 \cdot 172,18}{136,14} = 177,1 \text{ mg}$$

Šķīdība tātad ir:

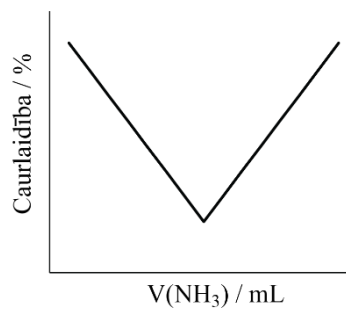
$$S = 177,1 \text{ mg} \cdot 100 / 70 = \mathbf{0.253 \text{ g/100 mL}}$$

Eksperimentālo panākumu iedvesmots, students gaismas caurlaidības mērījumus nolēma turpināt.

Nākamajiem eksperimentiem viņš ņēma kāda metāla nitrātu **N**. Eksperimentā **C** viņš tam pa porcijām pievienoja nātrija hidroksīda šķīdumu, līdzīgā veidā kā iepriekš mērot gaismas caurlaidību. Tomēr studentam neizdevās noteikt reakcijā veidotā savienojuma šķīdību. Lai gan sākotnēji veidojās nogulsnes un gaismas caurlaidība samazinājās, pie lielāka pievienotā nātrija hidroksīda daudzuma gaismas caurlaidība strauji palielinājās, kā tas shematiski attēlots grafikā **C**. Lai gan students problēmu centās novērtēt, nātrija hidroksīdu aizstājot ar amonjaka šķīdumu eksperimentā **D**, novērojumi bija identiski, un atkal sākotnēji novēroja gaismas caurlaidības samazināšanos, bet pēc tam – pieaugumu, kā tas shematiski attēlots grafikā **D**.



C



D

Eksperimentā **C** students gan paguva paņemt nogulšņu paraugu brīdī, kad gaismas caurlaidība bija minimālā. Students tās izžāvēja un cītīgi karsēja 200 °C, iegūstot savienojumu, kurā metāla masas daļa ir 80,3 %.

5. Nosaki, kāda ir analizētā nitrāta **N** ķīmiskā formula. (1p.)

Tā kā sākotnēji nātrija hidroksīda pievienošana samazina gaismas caurlaidību, veidojas kāds nešķīstošs hidroksīds. Tomēr papildus nātrija hidroksīda pievienošanas rezultātā novērotais gaismas caurlaidības pieaugums norāda uz nogulšņu šķīšanu (kāpums ir par strauju, lai tas būtu tikai suspensijas atšķaidīšanās rezultātā), tātad hidroksīds ir amfotērs un reaģē ar nātrija hidroksīdu. Brīdī, kad gaismas caurlaidība ir minimālā, nogulsnes ir tikai tīrs metāla hidroksīds $\text{M}(\text{OH})_z$, kuru karsējot tas sadalās par oksīdu, vispārīgi M_2O_z (kur koeficienti pie pāra z vērtības dalās ar 2). Metāla masas daļa (%) oksīdā ir:

$$w_M = \frac{2 \cdot A_M \cdot 100}{2 \cdot A_M + z \cdot A_O}$$

$$2 \cdot A_M w_M + z \cdot A_O w_M = 2 \cdot A_M \cdot 100$$

Kods: _____

$$A_M = \frac{z \cdot A_O w_M}{200 - 2w_M}$$

Aprēķinam atommasas vērtības pie dažādām z vērtībām, apskatot iespējamus metālus:

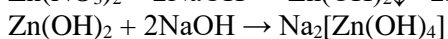
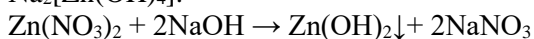
z	A_M		z	A_M	
1	32.6	–	5	163.0	(Dy)
2	65.2	Zn	6	195.7	(Pt)
3	97.8	–	7	228.3	–
4	130.4	–	8	260.9	–

Vislabākā atbilstība ir **Zn** pie korektas oksidēšanās pakāpes un, šis metāls patiešām ir amfotērs. Citi metāli atbilst sliktāk, turklāt Dy neveido oksīdu Dy_2O_5 , bet Pt – hidroksīdu $Pt(OH)_6$.

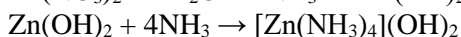
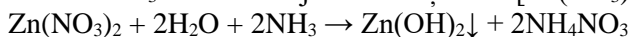
Tātad $N = Zn(NO_3)_2$

6. Izskaidro novērojumus eksperimentos **C** un **D** un uzraksti visu eksperimentu **C** un **D** gaitā notiekošo ķīmisko pārvērtību reakciju vienādojumus! (4p.)

Eksperimentā **C** tātad sākotnēji veidojas nešķīstošais $Zn(OH)_2$, kas NaOH pārākumā veido šķīstošo $Na_2[Zn(OH)_4]$:



Eksperimentā **D** bāziskais amonjaks sākotnēji arī nodrošina nešķīstošā $Zn(OH)_2$ veidošanos, taču tas [ie lielākas NH_3 koncentrācijas veido šķīstošo $[Zn(NH_3)_4](OH)_2$:



3. uzdevums

Skābenās pārvērtības

15 punkti

Metāla **X** karbonāta **A** reakcijā ar fosforskābi viens no reakcijas produktiem ir kāda sāls **B** hidrāts $B \cdot xH_2O$. **X** masas daļa bezūdens **B** ir 11,13%. **B** mēģinot šķīdināt ūdenī tas veido kādu mazšķīstošu cita sāls **C** hidrātu $C \cdot yH_2O$ un fosforskābi attiecībā 1:1. Karsējot **C** hidrātu tas sākotnēji dehidratējas, taču augstākā temperatūrā tālāku pārvērtību rezultātā zaudē 1 ekvivalentu ūdens, veidojot sāli **D**, kurā **X** masas daļa ir 21,83%. **D** šķīst skābēs, piem., sālsskābē, veidojot daudzprotonu skābi **E** un hlorīdu **F**. **F** šķīdumam pievienojot nātrija hidroksīda šķīdumu novēro baltu nogulšņu **G** veidošanos, kuras izkarsējot 400 °C temperatūrā iegūst oksīdu **H**, kurā metāla **X** masas daļa ir 60,30%.

Ar fosforskābi apstrādājot 10,0 g karbonāta **A** ieguva 30,17 g $B \cdot xH_2O$, savukārt pēc tā šķīdināšanas ūdenī ieguva 20,68 g $C \cdot yH_2O$.

1. Uzraksti metāla **X** un savienojumu **A** – **H** ķīmiskās formulas! (6,5p.)

Tā kā **D** satur metālu **X**, **F** būs šī metāla hlorīds, **G** – hidroksīds un **H** – oksīds, visos savienojumos metālam esot tajā pašā oksidēšanās pakāpē. Izmantojam metāla masas daļu (%) tā oksīdā, ko vispārīgi varam uzrakstīt kā M_2O_z (kur koeficienti pie pāra z vērtības dalās ar 2), un mēģinām noteikt metālu.

$$w_M = \frac{2 \cdot A_M \cdot 100}{2 \cdot A_M + z \cdot A_O}$$

$$2 \cdot A_M w_M + z \cdot A_O w_M = 2 \cdot A_M \cdot 100$$

$$A_M = \frac{z \cdot A_O w_M}{200 - 2w_M}$$

Aprēķinam atommasas vērtības pie dažādām z vērtībām, apskatot iespējamus metālus:

z	A_M		z	A_M	
1	12.2	–	5	60.8	–
2	24.3	Mg	6	72.9	(Ge)
3	36.5	–	7	85.1	(Rb)

4 48.6 – 8 97.2 –

Vislabākā atbilstība ir **Mg** pie korektas oksidēšanās pakāpes. Citi metāli atbilst sliktāk, turklāt tie neveido attiecīgo oksidēšanās pakāpju oksīdus.

Tātad **A** = MgCO₃, **F** = MgCl₂, **G** = Mg(OH)₂ un **H** = MgO.

Izmantojot metāla masas daļu atrodam bezūdens **B** molmasu kā

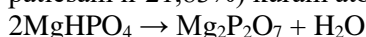
$$M = \frac{A_{\text{Mg}}}{w} = \frac{24,31}{0,1113} = 218,4$$

Varam pārlicināties, ka šāda molmasa atbilst magnija dihidrogēnfosfātam: **B** = Mg(H₂PO₄)

Tā kā B ūdenī veido sāli **C** un H₃PO₄ attiecībā 1:1, sāli C P:Mg attiecība būs mazāka, un reakcijas vienādojums norāda, ka **C** ir magnija hidrogēnfosfāts: **C** = MgHPO₄.



Varam izsecināt, ka MgHPO₄ zaudējot 1 ekvivalentu H₂O rodas **D** = Mg₂P₂O₇ (kurā Mg masas daļa patiešām ir 21,83%) kuram atbilstošā skābe ir **E** = H₄P₂O₇



2. Aprēķini, cik ūdens molekulu ietilpst hidratos **B**·xH₂O un **C**·yH₂O! (1,5p.)

10,0 g karbonāta atbilst daudzumam

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10,0}{84,3} = 0,1186 \text{ mol}$$

Tā kā no tā veidosies identisks daudzums Mg(H₂PO₄)₂·xH₂O un MgHPO₄·yH₂O, šo hidratu molmasa būs masas dalījums ar daudzumu, un ja no tā atņem attiecīgā bezūdens sāls molmasu un daļa ar ūdens molmasu, iegūst hidratam atbilstošo koeficientu:

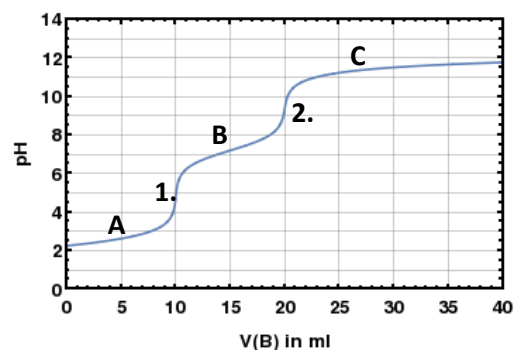
$$x = \frac{\frac{m(\mathbf{B} \cdot x\text{H}_2\text{O})}{n} - M(\mathbf{B})}{18,0} = \frac{\frac{30,17}{0,1186} - 218,4}{18,0} = 2$$

$$y = \frac{\frac{m(\mathbf{C} \cdot y\text{H}_2\text{O})}{n} - M(\mathbf{C})}{18,0} = \frac{\frac{20,68}{0,1186} - 120,4}{18,0} = 3$$

Tātad hidratu formulas ir Mg(H₂PO₄)₂·2H₂O un MgHPO₄·3H₂O.

Lai analizētu karbonāta **A** daudzumu kādā paraugā ar masu 1,000 g, pēc **B** hidrāta reakcijas ar ūdeni iegūto fosforskābes daudzumu nolēma noteikt titrējot ar 0,200 M nātrija hidroksīdu. Titrējot indikatora metiloranža klātienē (krāsas maiņa no sarkanas pie pH = 3,1 uz dzeltenu pie pH = 4,4) noteica, ka tiek patērēti 8,90 mL sārma šķīduma. Paraugā ietilpstošo pārējo komponentu reakcijā ar fosforskābi rodas tikai nešķīstošas vielas.

Attēlā dota 10 mL 0,100 M fosforskābes titrēšanas līkne ar 0,100 M nātrija hidroksīdu!



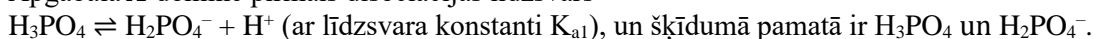
3. Nosaki, kādā stehiometriskā attiecībā fosforskābe reaģē nātrija hidroksīdu šajā titrēšanas reakcijā. Pamato! (1p.)

Tā kā indikators maina krāsu pie pH ~4, saskaņā ar doto titrēšanas līkni tas ir pirmajā stehiometriskajā punktā, kas atbilst NaOH un H₃PO₄ reakcijai attiecībā 1:1.

4. Titrēšanas līknē attēlo, kādas fosforskābes formas (būtiskā daudzumā) ir šķīdumā pie katrā no apgabaliem pirms un pēc stehiometriskā(-ajiem) punkta(-iem) un šajā(-os) punktā(-os)! Katram no apgabaliem pirms un pēc stehiometriskā(-ajiem) punkta(-iem) uzraksti dominējošo skābju-bāzu līdzsvaru! (2,5p.)

Varam izdalīt trīs apgabalus: pirms 1. stehiometriskā punkta A, starp 2. un 2. stehiometriskā punktu B, un pēc 2. stehiometriskā punkta C.

Apgabalā A dominē pirmais disociācijas līdzsvars



Kods: _____

I. stehiometriskajā punktā šķīdumā pamatā ir H_2PO_4^- .

Apgabalā **B** dominē otrais disociācijas līdzsvars

$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+$ (ar līdzsvara konstanti K_{a2}), un šķīdumā pamatā ir H_2PO_4^- un HPO_4^{2-} .

2. stehiometriskajā punktā šķīdumā pamatā ir HPO_4^{2-} .

Apgabalā **C** dominē trešais disociācijas līdzsvars

$\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-} + \text{H}^+$ (ar līdzsvara konstanti K_{a3}), un šķīdumā pamatā ir HPO_4^{2-} un PO_4^{3-} .

5. Aprēķini **A** masas daļu analizētajā paraugā! (1,5p.)

Varam aprēķināt, ka fosforskābes daudzums, kas tika iegūts, ir:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = n(\text{NaOH}) = C \cdot V = 0,200 \cdot \frac{8,90\text{mL}}{1000} = 0,00178 \text{ mol}$$

Tā kā no 1 mol MgCO_3 rodas 1 mol H_3PO_4 ($\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$), tad šāds ir arī MgCO_3 daudzums, un tā masa ir:

$$m = n \cdot M = 0,00178 \cdot 84,3 = 0,150 \text{ g}$$

Tātad MgCO_3 masas daļa paraugā ir $0,150/1,000 = 0,150 = \mathbf{15,0\%}$

6. Aprēķini vai novērtē, kāds nātrija hidroksīda tilpums tiktu patērēts titrēšanā, ja kā indikatoru izmantotu i) bromtimolzilo (krāsas maiņa no dzeltenas pie $\text{pH} = 6,0$ uz zilu pie $\text{pH} = 7,6$) un ii) fenolftaleīnu (krāsas maiņa no bezkrāsaina pie $\text{pH} = 8,3$ uz rozā pie $\text{pH} = 10,0$). (1p.)

Novērtējam, ka bromtimolzilais maina krāsu pie pH , kas ir aptuveni pa vidu starp 1. un 2. stehiometrisko punktu, tātad patērēti tiktu $\sim 1,5 \cdot 8,90 = \sim 13,4 \text{ mL}$

Fenolftaleīns maina krāsu pie $\text{pH} \sim 9$, kas atbilst 2. stehiometriskajam punktam, tātad patērēti tiktu $2 \cdot 8,90 = 17,8 \text{ mL}$

7. Novērtē, kurš (vai kuri) no indikatoriem ir derīgs(i) fosforskābes titrēšanas beigu punkta noteikšanai! (1p.)

Derīgi ir indikatorī, kuru krāsas maiņa notiek lēcienā stehiometriskā punkta apkārtnē. Tātad titrēšanas beigu punkta noteikšanai derīgs ir fenolftaleīns (kā arī oriģināli lietotais metiloranžs).

4. uzdevums

Dzīve uz Veneras

11 punkti

Pēc izmēra Venera ($R = 6\,052\text{ km}$) ir ļoti līdzīga Zemei ($R = 6\,371\text{ km}$), un arī to aptver gāzu atmosfēra. Tomēr šī atmosfēra ir būtiski atšķirīga no Zemes atmosfēras. Zemes atmosfēru pamatā veido N_2 (78,1 mol%), O_2 (21,0 mol%) un argons (0,90 mol%) un varam pieņemt, ka atmosfēra ir līdz 15 km augstumam. Veneras atmosfēru pamatā veido CO_2 (96,5 mol%) un N_2 (3,5 mol%), tuvināti varam pieņemt, ka šāda atmosfēra ir līdz 50 km augstumam no Veneras virsmas. Atmosfēras spiediens uz Veneras virsmas ir 93 bar, savukārt temperatūra 475 °C.

1. Aprēķini, kāda ir katras gāzes koncentrācija (mol/L) un atmosfēras blīvums (g/L) pie Veneras virsmas! (2p.)

Gāzu parciālais spiediens ir vienāds ar kopējā spiediena un gāzes mola daļas reizinājumu. Gāzes i koncentrāciju varam izteikt no ideālas gāzes stāvokļa vienādojuma, spiedienu pārvēršot kPa:

$$C_i = \frac{n_i}{V} = \frac{p_i}{RT} = \frac{X_i \cdot p_{\text{kop}}}{RT}$$

$$C_{CO_2} = \frac{X_{CO_2} \cdot p_{\text{kop}}}{RT} = \frac{0,965 \cdot 93\text{ bar} \cdot 100 \frac{\text{kPa}}{\text{bar}}}{8,314 \cdot (273,15 + 475)} = \mathbf{1,44\text{ mol/L}}$$

$$C_{N_2} = \frac{X_{N_2} \cdot p_{\text{kop}}}{RT} = \frac{0,035 \cdot 93\text{ bar} \cdot 100 \frac{\text{kPa}}{\text{bar}}}{8,314 \cdot (273,15 + 475)} = \mathbf{0,0523\text{ mol/L}}$$

Koncentrācijas reizinājums ar katras gāzes molmasu dos attiecīgās gāzes masas koncentrāciju (g/L), un summa pa visām gāzēm – atmosfēras blīvumu:

$$d = C_{CO_2} \cdot M_{CO_2} + C_{N_2} \cdot M_{N_2} = 1,44 \cdot 44,0 + 0,0523 \cdot 28,0 = \mathbf{64,8\text{ g/L}}$$

Abu planētu atmosfēra ietilpst arī ūdens tvaiki. Tie veido 0,0020% no Veneras atmosfēras. Zemes atmosfērā ūdens daudzums ir būtiski atšķirīgs. Apskatīsim apstākļus Latvijas vasaras dienā, kad gaisa temperatūra ir 25 °C, spiediens 1,00 atm, relatīvais gaisa mitrums 75%. Piesātināta ūdens tvaika spiediens 25 °C temperatūrā ir 3,17 kPa.

2. Aprēķini ūdens saturu (mol%) Zemes atmosfērā aprakstītajā Latvijas vasaras dienā! (1p.)

Relatīvais mitrums raksturo, kāda ir ūdens tvaiku parciālā spiediena un piesātināta ūdens tvaika spiediena attiecība atmosfērā. No tā atrodam ūdens tvaiku parciālo spiedienu:

$$p_{\text{ūd}} = p_{\text{ūd}}^o \cdot \frac{RM}{100} = 3,17 \cdot \frac{75}{100} = 2,38\text{ kPa}$$

Gaisa spiediens, šai gadījumā 1,00 atm, atbilst kopējam spiedienam. Ūdens mola daļa gaisā būs ūdens parciālā spiediena un kopējā spiediena dalījums:

$$X_{\text{ūd}} = \frac{p_{\text{ūd}}}{p_{\text{kop}}} \cdot 100\% = \frac{2,38}{1,00\text{ atm} \cdot 101,3 \frac{\text{kPa}}{\text{atm}}} \cdot 100\% = \mathbf{2,35\%}$$

3. Aprēķini, kāda ir attiecība starp ūdens daudzumu 1 L Zemes atmosfēras (vasaras dienā Latvijā) un 1 L Veneras atmosfēras. (1p.)

Tā kā atšķiras temperatūra un spiediens, uz katras planētas izsakām ūdens daudzumu 1,00 L šo planētu atmosfēras un šos lielumus izdalām:

$$\frac{n_Z}{n_V} = \frac{\frac{X_{\text{ūd,Z}} p_Z V}{RT_Z}}{\frac{X_{\text{ūd,V}} p_V V}{RT_V}} = \frac{X_{\text{ūd,Z}} p_Z T_V}{X_{\text{ūd,V}} p_V T_Z} = \frac{2,35\% \cdot 1,00\text{ atm} \cdot 101,3 \frac{\text{kPa}}{\text{atm}} \cdot (273,15 + 475)}{0,0020\% \cdot 93,0\text{ bar} \cdot 100 \frac{\text{kPa}}{\text{bar}} \cdot (273,15 + 25)} = \mathbf{32,1}$$

Lai salīdzinātu kopējo gāzu daudzumu katras planētas atmosfērā, izmantosim vidējo spiedienu un temperatūru karas planētas atmosfērā (jo abi šie parametri ir atkarīgi no augstuma virs planētas virsmas). Venerai tas atbilst 35 bar spiedienam un 630 K temperatūrai, savukārt Zemei 0,40 bar spiedienam un 255 K temperatūrai.

Kods: _____

4. Aprēķini, kuras planētas atmosfērā ietilpst vairāk slāpekļa (N_2) un cik reižu vairāk. *Aprēķinā pieņem, ka abu planētu virsma ir gluda!* (2p.)

Lai aprēķinātu gāzes daudzumu atmosfērā, nepieciešams aprēķināt atmosfēras tilpumu, kas ir vienāds ar starpību starp tilpumu sfērai ar rādiusu $R_{\text{planēta}} + H_{\text{atmosfēra}}$ un tilpumu sfērai ar rādiusu $R_{\text{planēta}}$.

$$V_{\text{atm,Z}} = \frac{4}{3}\pi(R_{\text{plan}} + H_{\text{atm}})^3 - \frac{4}{3}\pi(R_{\text{plan}})^3 = \frac{4}{3}\pi(6371 + 15)^3 - \frac{4}{3}\pi(6371)^3 = 7,67 \cdot 10^9 \text{ km}^3$$

$$V_{\text{atm,V}} = \frac{4}{3}\pi(6052 + 50)^3 - \frac{4}{3}\pi(6052)^3 = 2,32 \cdot 10^{10} \text{ km}^3$$

Kopējo slāpekļa attiecību Veneras un Zemes atmosfērā aprēķinām līdzīgi kā ūdens gadījumā, taču šoreiz ievērojam, ka tilpums ir atšķirīgs. Tā kā apskatam daudzuma attiecību, tilpumu varam atstāt km^3 , jo abus lielumus dalām:

$$\frac{n_V}{n_Z} = \frac{\frac{X_{N_2,V} p_V V_V}{RT_V}}{\frac{X_{N_2,Z} p_Z V_Z}{RT_Z}} = \frac{X_{N_2,V} p_V V_V T_Z}{X_{N_2,Z} p_Z V_Z T_V} = \frac{3,5\% \cdot 35,0 \text{ bar} \cdot 2,32 \cdot 10^{10} \cdot 630}{78,1\% \cdot 0,40 \text{ bar} \cdot 7,67 \cdot 10^9 \cdot 255} = \mathbf{29,3}$$

Tātad Veneras atmosfērā ir 29,3 reižu vairāk slāpekļa nekā Zemes atmosfērā.

Venera ap savu asi rotē daudz lēnāka nekā Zeme – diennakts ilgums uz Veneras atbilst 243 dienām uz Zemes. Par spīti tam, virsmas temperatūras svārstības starp dienu un nakti ir nebūtiskas, kamēr uz Zemes tās ir ievērojamas. Viens no iemesliem ir blīvā Veneras atmosfēra. Raksturosim to ar siltumkapacitāti c_p – lielumu, kas raksturo, cik enerģijas ir jāpievada vai jāaizvada, lai temperatūra izmainītos par 1°C . Gāzu molārās siltumkapacitātes ir: $c_p(N_2) = 29,1 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, $c_p(O_2) = 29,4 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, $c_p(\text{CO}_2) = 37,1 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ un $c_p(\text{Ar}) = 20,8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

5. Aprēķini, cik lielam siltuma daudzumam (kJ) ir jāaizplūst, lai $1,00 \text{ m}^3$ sausa gaisa (relatīvais mitrums 0%) uz Zemes ($p = 1,00 \text{ atm}$, $t = 25,0^\circ\text{C}$) un $1,00 \text{ m}^3$ uz Veneras atdzesētu par $1,00^\circ\text{C}$! (2p.)

Sākumā sarēķināsim katras planētas siltumkapacitāti uz $1,00 \text{ L}$. To varam iegūt kā summu no katras gāzes molārās koncentrācijas (mol L^{-1}) un molārās siltumkapacitātes ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) reizinājuma.

Identiski kā Venerai, mums nepieciešams aprēķināt gāzes koncentrācija (mol/L) uz Zemes:

$$C_{N_2} = \frac{X_{N_2} \cdot p_{\text{kop}}}{RT} = \frac{0,781 \cdot 1,00 \text{ atm} \cdot 101,3 \frac{\text{kPa}}{\text{atm}}}{8,314 \cdot (273,15 + 25)} = 0,0319 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad C_{O_2} = 0,00858 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad C_{Ar} = 0,000368 \text{ mol/L}$$

$$c_Z = C_{N_2} \cdot c_{p,N_2} + C_{O_2} \cdot c_{p,O_2} + C_{Ar} \cdot c_{p,Ar} = 0,0319 \cdot 29,1 + 0,00858 \cdot 29,4 + 0,000368 \cdot 20,8 = 1,19 \text{ J L}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$1,00 \text{ m}^3$ gaisa temperatūras izmainīšanai atbilstošo siltuma daudzumu aprēķinam kā:

$$Q_Z = c_Z \cdot V \cdot \Delta t = 1,19 \text{ J L}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 1000 \text{ L} \cdot 1^\circ\text{C} = 1190 \text{ J} = \mathbf{1,19 \text{ kJ}}$$

$$c_V = C_{N_2} \cdot c_{p,N_2} + C_{CO_2} \cdot c_{p,CO_2} = 0,0523 \cdot 29,1 + 1,44 \cdot 37,1 = 54,9 \text{ J L}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$Q_V = c_V \cdot V \cdot \Delta t = 54,9 \text{ J L}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 1000 \text{ L} \cdot 1^\circ\text{C} = 54900 \text{ J} = \mathbf{54,9 \text{ kJ}}$$

Nemainīgas planētas temperatūras nodrošināšanā būtiskāka loma patiesībā ir sērskābes mākoņiem, kuri sedz Veneru 50 – 90 km augstumā no planētas virsmas, un atstaro gan saules gaismu, gan no planētas prom izstaroto starojumu. Apskatīsim sērskābes mākoņu veidošanās uz Veneras. Sākotnēji notiek SO_3 veidošanās, planētas atmosfērā nelielā daudzumā (0,0150%) esošās SO_2 reakcijā ar atomāru skābekli, kas savukārt rodas, CO_2 absorbējot UV gaismas fotonu un sadaloties par CO un O. SO_3 reakcijā ar planētas atmosfērā esošajiem ūdens tvaikiem rodas sērskābe. Lai gan sērskābes koncentrācija mākoņos var būt dažāda, apskatīsim gadījumu, kad mākoņa pilieniņu sastāvs atbilst tieši tīram sērskābes monohidrātam. Pašu sērskābes mākoņu blīvums zemākajos slāņos 50 km augstumā ir līdzīgs kā mākoņiem uz zemes un ir $0,10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$. Atmosfēras spiediens uz Veneras šādā augstumā ir 1,05 bar, temperatūra $75,0^\circ\text{C}$. Pieņem, ka atmosfēras gāzu sastāvs nav atkarīgs no augstuma.

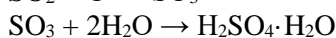
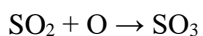
6. Aprēķini kāda ir sērskābes masas daļa pilieniņos šādā mākonī! (1p.)

Tā kā pilieniņa sastāvs atbilst sērskābes monohidrātam $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, aprēķina sērskābes masas daļu tajā:

$$w_{\text{sērsk}} = \frac{M_{\text{sērsk}}}{M_{\text{sērsk}} + M_{\text{ūd}}} \cdot 100\% = 84,5\%$$

7. Ja pieņem, ka sērskābes mākoņa veidošanos saistītās ķīmiskās reakcijas, aprēķini, no kāda tilpuma atmosfēras (m^3) var izveidoties $1,00 m^3$ mākoņa atbilstošs sērskābes monohidrāta daudzums mākonī $50 km$ augstumā. Apsver gan nepieciešamo SO_3 , gan ūdens daudzumu! (2p.)

Uzrakstam sērskābes pilienu veidošanos reakcijas:



Tātad 1 mol sērskābes monohidrāta iegūšanai nepieciešams 1 mol SO_2 un 2 mol ūdens.

$1,00 m^3$ mākoņa veido $0,10 g$ sērskābes monohidrāta, kas atbilst daudzumam:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,10}{116} = 0,000862 \text{ mol}$$

Aprēķinam ūdens un SO_2 daudzumu $1,00 m^3$ Veneras atmosfērā šādā augstumā:

$$n_{\text{ūd}} = \frac{X_{\text{ūd}} p V}{RT} = \frac{\frac{0,0020\%}{100\%} \cdot 1,05 \text{ bar} \cdot 100 \frac{\text{kPa}}{\text{bar}} \cdot 1000 L}{8,314 \cdot (273,15 + 25)} = 0,000726 \text{ mol}$$

$$n_{SO_2} = \frac{X_{SO_2} p V}{RT} = \frac{\frac{0,015\%}{100\%} \cdot 1,05 \text{ bar} \cdot 100 \frac{\text{kPa}}{\text{bar}} \cdot 1000 L}{8,314 \cdot (273,15 + 25)} = 0,00544 \text{ mol}$$

Tātad lai veidotos $1,00 m^3$ mākoņa, pietiek ar SO_2 , kas atrodas

$$\frac{0,000862 \text{ mol}}{0,00544 \text{ mol } m^{-3}} = \mathbf{0,16 m^3}$$

Savukārt $1,00 m^3$ mākoņa iegūšanai tiek patērēts H_2O , kas atrodas

$$\frac{2 \cdot 0,000862 \text{ mol}}{0,000726 \text{ mol } m^{-3}} = \mathbf{2,4 m^3}$$

Tātad $1,00 m^3$ mākoņa var veidoties no gāzēm, kas atrodas $2,4 m^3$ atmosfēras.

Kods: _____

5. uzdevums

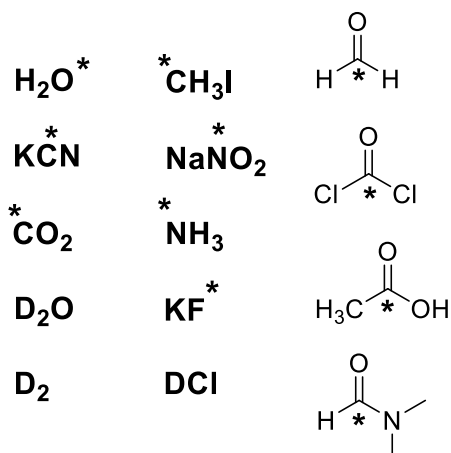
Zīmē – iezīmē

11 punkti

Jaunu zāļvielu izstrāde sastāv no vairākiem posmiem, kā mērķsavienojuma iegūšana, *in vitro* un *in vivo* testiem un citiem. Lai pārliecinātos par zāļvielu nekaitīgumu dzīvajos organismos, kā arī to metabolisma produktu uzbūvi, var tikt veikti pētījumi ar radioaktīvi iezīmētu zāļvielas izomēru. Radioaktīvā iezīmēšana ir zāļvielas izotopologa iegūšana jeb zāļvielas sintēze, vienu no atomiem aizvietojo ar citu tā paša elementa izotopu. Vienkāršākais piemērs tam ir ūdens (H_2O) un deitērija oksīds (D_2O jeb 2H_2O).

Organiskajā ķīmijā visbiežāk radioaktīvai iezīmēšanai tiek izmantoti 2H (D), 3H (T), ^{13}C , ^{14}C , ^{15}N , ^{18}O un ^{18}F . Savienojumi, kuri tiek izmantoti radioaktīvi iezīmētu savienojumu sintēzei arī ir nelieli, jo to izmaksas būtiski pieaug palielinoties savienojuma molmasai. Veicot radioaktīvi iezīmēta savienojuma sintēzi ir arī svarīgi ievadīt iezīmēto atomu molekulā pēc iespējas vēlākā sintēzes stadijā, tāpēc, ka, veicot sintēzi ar radioaktīvi iezīmētiem savienojumiem, visi sintēzes procesā radušies atkritumi ir rūpīgi jāsavāc un pareizi jāutilizē, kas palielina procesa izmaksas. Papildus tam, veicot reakcijas ar radioaktīvi iezīmētiem savienojumiem, iznākums var nesakrist ar to, ko sagaidītu no neiezīmēta savienojuma sintēzes, un pēc iespējas veicot mazāk soļus ar radioaktīvi iezīmētiem savienojumiem var samazināt procesa izmaksas un palielināt iznākumu.

Šī uzdevuma veikšanai tev ir pieejami sekojošie pa labi dotie radioaktīvi iezīmētie reāģenti (ar zvaigznīti * norādīts, kurš ir iezīmētais atoms):



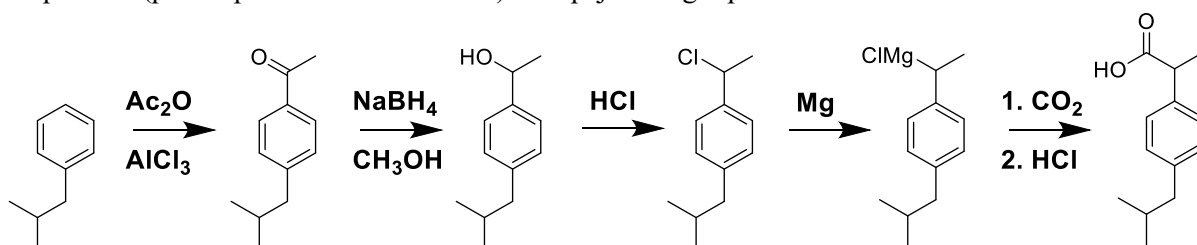
1. Izvēlies no dotajiem piemērotu reāģentu sekojošo radioaktīvi iezīmēto savienojumu sintēzei. (6p.)

Savienojuma sintēzes shēma	Reāģents
	H_3C^*OH
	KF^*
	KC^*N
	NaN^*O_2
	C^*O_2
	C^*H_3I

2. Zemāk dotas nepabeigtas sintēzes shēmas, uzzīmē sagaidāmā produkta struktūrformulu, skaidri norādot iezīmēto atomu! (4p.)

Savienojuma sintēzes shēmas sākums	Sagaidāmais produkts

Ibuprofēnu (plašāk pazīstams kā *Ibumetin*) ir iespējams iegūt pēc zemāk redzamās shēmas.



3. Ja Tev būtu nepieciešams iegūt ibuprofēnu, kas ir radioaktīvi iezīmēts (**Ibu***), tad kuru no sintēzes soļiem un kādā veidā izmainītu? (1p.)

Ibu*:

Tiktu izmainīts pēdējais sintēzes solis, precīzāk CO₂ vietā tiktu izmantots radioaktīvi iezīmēts C*O₂. 1 punkts par atbildi.

Kods: _____

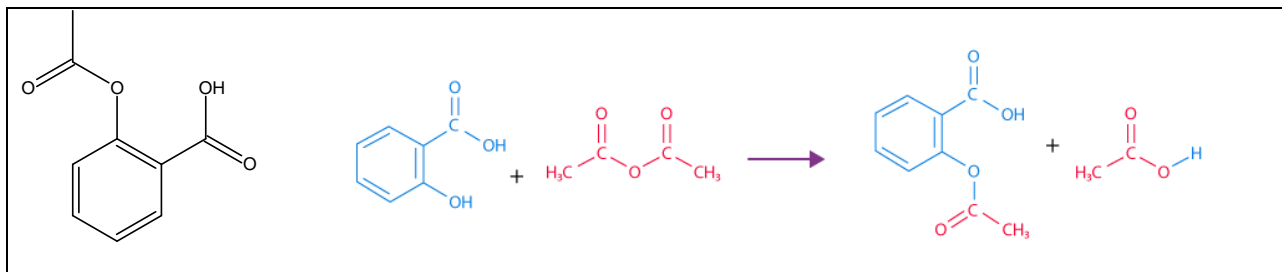
6. uzdevums

Kīmiķis aptiekā

13 punkti

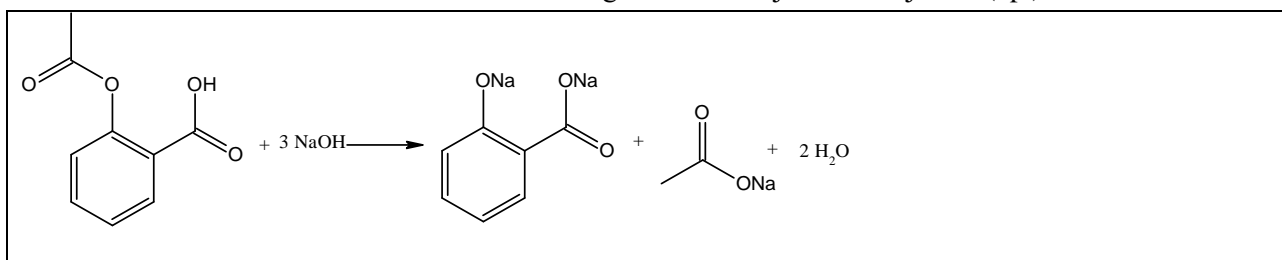
Farmaceutiskā viela aspirīns jeb acetilsalicilskābe tiek izmantots kā efektīvs pretsāpju un pretdrudža līdzeklis. Acetilsalicilskābe ir bezkrāsaina, tāpēc kvantitatīvai fotometriskai noteikšanai redzamās gaismas apgabalā (viļņu garums λ no 380 – 750 nm) tas jāpārvērš kādā krāsainā savienojumā.

1. Acetilsalicilskābi ($C_9H_8O_4$) iegūst salicilskābes (2-hidroksibenzoskābes) reakcijā ar etiķskābes anhidrīdu. Uzraksti acetilsalicilskābes struktūrformulu un tās iegūšanas reakcijas vienādojumu! (1p.)

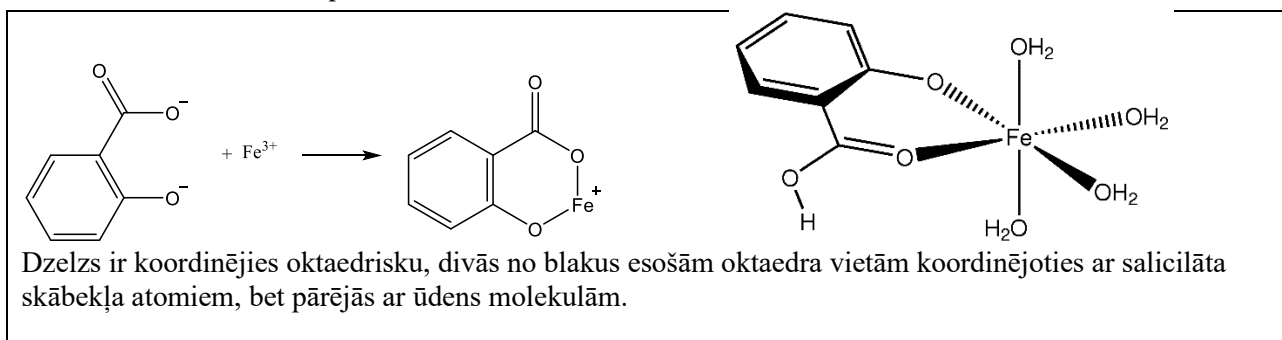


Lai acetilsalicilskābi pārvērstu krāsainā savienojumā, sākumā veic tās reakciju ar nātrija hidroksīdu attiecībā 1:3, iegūstot vielu **A** ($C_7H_4O_3Na_2$). **A** reakcijā ar dzelzs (III) joniem attiecībā 1:1 rodas krāsains savienojums **B**, un šajā pārvērtībā svarīgi ievērot, lai šķīdumam būtu nepieciešamais vides pH.

2. Uzraksti vielas **A** struktūrformulu un tās iegūšanas reakcijas vienādojumu! (2p.)



3. Uzraksti **B** iegūšanas jonu reakcijas vienādojumu! Attēlo pēc iespējas precīzāku iegūtā jona struktūrformulu! (1p.)



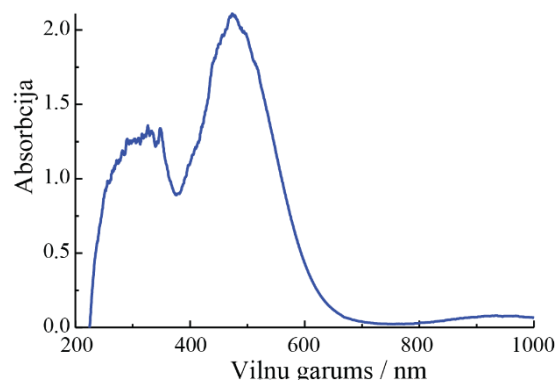
4. Uzraksti, kas notiks, ja vides pH būs pārāk bāzisks un kas, ja pārāk skābs! (1p.)

Ja vides pH ir pārāk bāzisks, tad veidosies $Fe(OH)_3$ nogulsnes. Ja vide pH ir pārāk skābs, tad nātrija salicilāts netiks pilnībā pārvērst dzelzs(III) salicilāta savienojumā.

Attēlā pa labi dota savienojuma **B** šķīduma gaismas absorbcija atkarībā no viļņu garuma.

5. Nosaki, pie kāda viļņa garumu jāveic fotometriska aspirīna noteikšanai redzamās gaismas apgabalā! (0,5p.)

Veicot fotometriskus mērījumus, tiek izmantots viļņa garums pie kura ir lielākā absorbcija. No grafika redzams, ka tam atbilst aptuveni 480 nm.

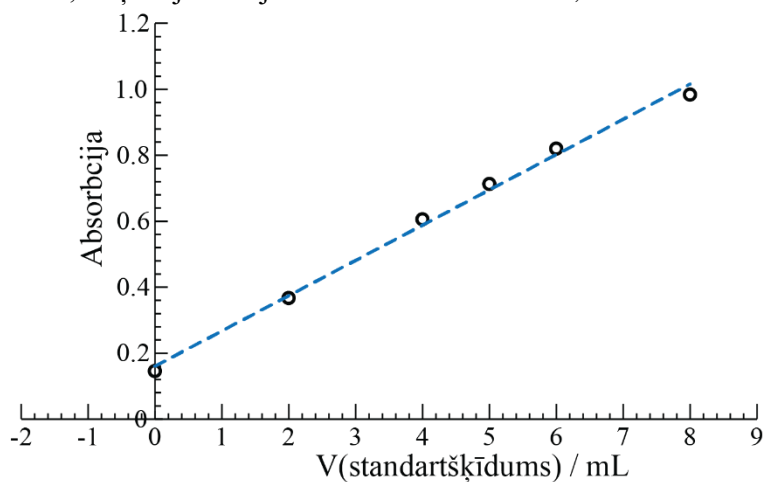


0,500 g acetilsalicilskābi saturoša parauga **AC** vārglāzē pievienoja 10 mL nātrija hidroksīda šķīduma un karsēja, līdz tas izšķīda.

Šķīdumu atdesēja, kvantitatīvi pārnesa 100 mL mērkolbā, atšķaidīja ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei, iegūstot analizējamo šķīdumu **1**. Šādi

acetilsalicilskābe sākotnēji pārvērtās par **A**, kas pie šķīdumā **1** esošā pH pārvērtās par nātrija salicilātu.

Sešās 50 mL mērkolbās katrā pārnesa 5,00 mL iegūtā analizējamā šķīduma **1** un tad piecās no tām pievienoja dažādu tilpumu (2,00; 4,00; 5,00; 6,00 un 8,00 mL) nātrija salicilāta standartšķīduma **St**. Katrā mērkolbā pievienoja 2 mL paskābināta $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ šķīdumu un mērkolbu uzpildīja līdz atzīmei ar dejonizētu ūdeni. Visiem šķīdumiem veica gaismas absorbcijas mērījumus pie atbilstoša gaismas viļņu garuma un konstruēja kalibrēšanas grafiku, kas dots pa labi, uz x ass atliekot pievienotā standartšķīduma **St** tilpumu.



Izmantoto nātrija salicilāta standartšķīdumu **St** pagatavoja, pārnesot 25,0 mL nātrija salicilāta šķīduma ar masas koncentrāciju $\gamma=1,1600$ g/L 50 mL mērkolbā un atšķaidot ar dejonizētu ūdeni līdz atzīmei.

Nātrija salicilāta koncentrācijas aprēķināšanai analizējamajā šķīdumā **1** var izmantot divas metodes: grafisko un analītisko. Grafiskajā metodē analizējamā parauga koncentrāciju atrod kā negatīvo nogriezni uz x ass, bet analītiskajā metodē izmanto formulu: $\frac{A_{\text{analīze}}}{A_{\text{analīze}}+c_{\text{piedeva}}} = \frac{c_{\text{analīze}}}{c_{\text{analīze}}+c_{\text{piedeva}}}$

6. Aprēķini nātrija salicilāta masas koncentrāciju standartšķīdumā **St**. (0,5p.)

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 * V_1}{V_2} = \frac{1,1600 \text{ g/L} * 25 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = 0,58 \text{ g/L}$$

7. Nosaki nātrija salicilāta masas koncentrāciju analizējamā šķīdumā **1** pēc grafiskās metodes. (2,5p.)

Nosakām, ka grafiks krusto x asi pie $x = -1,5$ mL.

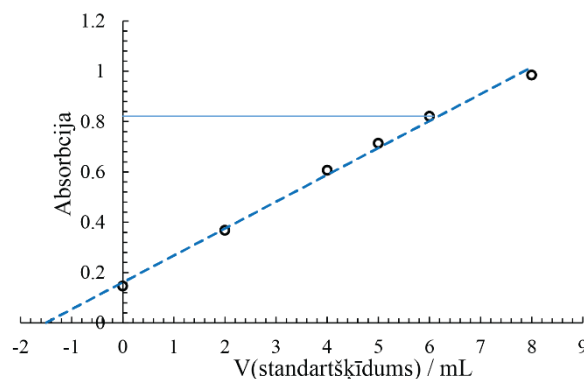
Tātad nātrija salicilāta masas koncentrācija analizējamā šķīdumā **1** atbilst nātrija salicilāta masas koncentrācijai, kas tiktu iegūta, pievienojot 1,5 mL standartšķīduma.

Aprēķinām, ka 1,00 mL standartšķīduma pievienošana 50 mL kolbā rezultētos ar masas koncentrāciju:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 * V_1}{V_2} = \frac{0,58 \text{ g/L} * 1,00 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = 0,0116 \text{ g/L}$$

Tātad, ienesot 5 mL analizējamajā šķīdumā **1** 50 mL kolbā, iegūtu koncentrāciju:

$$\gamma = \gamma_1 \text{ mL} * V = 0,0116 * 1,5 = 0,0174 \text{ g/L}$$



Kods: _____

Tā kā šo šķīdumu atšķaidījām, aprēķinām masas koncentrāciju analizējamajā šķīdumā **1**:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 \cdot V_1}{V_2} = \frac{0,0174 \text{ g/L} \cdot 50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} = \mathbf{0,174 \text{ g/L}}$$

8. Aprēķini nātrija salicilāta masas koncentrāciju analizējamā šķīdumā **1** pēc analītiskās metodes. (2,5p.)

Redzam, ka absorbcija paraugam bez piedevas ir aptuveni 0,145, savukārt ar 6 mL piedevu, kas atbilst $6 \cdot 0,0116 = 0,0696$ g/L koncentrācijai, tā ir 0,82. No vienādojuma

$$\frac{A_{analīze}}{A_{analīze+piedeve}} = \frac{c_{analīze}}{c_{analīze} + c_{piedeve}}$$

izsaka $c_{analīze}$:

$$c_{analīze} = \frac{A_{analīze} \cdot c_{piedeve}}{A_{analīze+piedeve} - A_{analīze}} = \frac{0,145 \cdot 0,0696}{0,820 - 0,145} = \mathbf{0,0150 \text{ g/L}}$$

Tā kā šo šķīdumu atšķaidījām, aprēķinām masas koncentrāciju analizējamajā šķīdumā **1**:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 \cdot V_1}{V_2} = \frac{0,0150 \text{ g/L} \cdot 50 \text{ mL}}{5 \text{ mL}} = \mathbf{0,150 \text{ g/L}}$$

9. Aprēķini acetilsalicilskābes paraugā **AC** ietilpstošo acetilsalicilskābes masu un tās masas daļu (%).
Izvēlies vienu no nātrija salicilāta masas koncentrācijām, ko noteici 7. un 8. punktā. Savu izvēli pamato! (2p.)

No noteiktajām nātrija salicilāta masas koncentrācijām izvēlas 7. punktā noteikto, jo absorbcijas mērījums paraugam bez piedevas, kas lietots 8. punktā, nav uz kalibrēšanas taisnes un varētu būt ar lielāku gadījuma kļūdu.

Jāņem vērā, ka aprēķinātā koncentrācija atbilst nātrija salicilātam ($C_7H_5NaO_3$, $M = 160$ g/mol), kamēr paraugā tas bija acetilsalicilskābes ($C_9H_8O_4$, $M = 180$ g/mol) formā:

$$\gamma_{sk} = \frac{\gamma_{sāls} \cdot M_{sk}}{M_{sāls}} = \frac{0,174 \cdot 180}{160} = \mathbf{0,196 \text{ g/L}}$$

Aprēķinām acetilsalicilskābes masu paraugā, ņemot vērā, ka šķīdums **1** gatavots 100 mL mērkolbā:

$$m_{sk} = \gamma_{sk} \cdot V = 0,196 \text{ g/L} \cdot 0,100 \text{ L} = \mathbf{0,0196 \text{ g}}$$

Aprēķinām acetilsalicilskābes masas daļu paraugā:

$$w = \frac{m_{sk} \cdot 100\%}{m_{par}} = \frac{0,0196 \cdot 100\%}{0,500} = \mathbf{3,92\%}$$

7. uzdevums

Liku burtus zem akmeņa ...

19 punkti

Sudrabbaltu metālu **X** šķīdinot atšķaidītā slāpekļskābē, veidojas sāls **A** (reakcija 1, numurētas daļa no reakcijām, kuru vienādojumus būs jāuzraksta) bet šķīdinot atšķaidītā sērskābē veidojas sāls **B**. Gan **A**, gan **B** ir blāvi rozā savienojumi. Karsējot **A**, tas sadalās par bināru melnu pulveri **C** (reakcija 2), kurā **X** oksidēšanās pakāpe ir pieaugusi, un kuru var izmantot kā oksidētāju vai katalizatoru, un kurā **X** masas daļa ir 63,19%. Karsējot savienojumu **B** 900 °C temperatūrā, veidojas binārs savienojums **D** (reakcija 3). Vielu **D** iespējams iegūt arī karsējot **C** 940 °C temperatūrā.

Viens no plašāk lietotajiem **X** savienojumiem ir tumši violeta viela **E**, ko izmanto gan medicīnā, gan dažādās ķīmijas nozarēs, bieži izmantojot tā oksidējošās īpašības. **E** iegūst, sākotnēji **C** karsējot kopā ar KNO_3 un KOH un iegūstot vielu **F** (reakcija 4), kurai disproporcionējoties atšķaidīta sālsskābes šķīdumā rodas **E** (reakcija 5), kā arī tiek atgūta daļa vielas **C**.

Lai gan **C** ir sastopams dabā, ķīmiski tīru **C** iegūst sintētiski. Viena no iespējām ir sākt ar vielu **A**, pie kuras pievienojot nātrija hidroksīda šķīdumu, nogulsnēs rodas viela **G**, kas ir ziloņkaula krāsā. **G** saskarē ar gaisu veidojas savienojums **H**, ko izmanto kā brūno pigmentu, un kurā **X** masas daļa ir 62,47%. **H** reakcijā ar skābekli 300 °C temperatūrā iegūst tīru vielu **C**.

Cita iespēja savienojuma **D** iegūšanai ir sākotnēji **B** reakcijā ar nātrija karbonātu iegūt vielu **I**, un tad **I** karsēt gaisā (reakcija 6). Turpretī ja **I** karsēšanu veic inertā atmosfērā, iegūst pelēkzaļu kristālisku pulveri **J**, kas veidojas arī karsējot vielu **G**.

1. Uzraksti **X** un vielu **A** - **C** ķīmiskās formulas. (3p.)

Vienīgais metālu saturošais binārais savienojums, ko var iegūt, karsējot metālu nitrātus, ir metāla oksīds. Tātad meklēsim, kāds metāls atbilst uzdevumā dotajai informācijai par **D**, oksīdu vispārīgi rakstot kā X_2O_z (kur koeficienti pie pāra z vērtības dalās ar 2), un mēģinot noteikt metālu.

$$w_X = \frac{2 \cdot A_X \cdot 100}{2 \cdot A_X + z \cdot A_O}$$

$$2 \cdot A_X w_X + z \cdot A_O w_X = 2 \cdot A_X \cdot 100$$

$$A_X = \frac{z \cdot A_O w_X}{200 - 2w_X}$$

Aprēķinam atommasas vērtības pie dažādām z vērtībām, apskatot iespējamus metālus:

z	A_M		z	A_M	
1	13.7	–	5	68.7	–
2	27.5	(Al)	6	82.4	–
3	41.2	–	7	96.1	(Mo)
4	54.9	Mn	8	109.9	–

Vislabākā atbilstība ir **Mn** pie korektas oksidēšanās pakāpes. Citi metāli atbilst sliktāk, turklāt tie neveido attiecīgo oksidēšanās pakāpju oksīdus.

Tātad **X** = Mn, **A** = $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$, **B** = MnSO_4 , **C** = MnO_2 .

2. Zināms, ka savienojumā **D** **X** masas daļa ir 72,03%. Uzraksti tā ķīmisko formulu un nosaki, kāda ir **X** oksidēšanās pakāpe šajā savienojumā! (1,5p.)

Aprēķinam **D** ķīmisko formulu, gadījuma, ka pie metāla ir koeficients 1 vai 2.

$$w_X = \frac{zA(X) \cdot 100}{zA(X) + nA(O)}$$

$$nA(O) = \frac{zA(X) \cdot (100 - w_X)}{w_X}$$

Redzams, ka ne viens, ne otrs gadījums nedod derīgu ķīmisko formulu, un apskatot citus variantus iegūstam, ka derīga ķīmiskā formula ir Mn_3O_4 .

z	Formula	$nA(O)$	n
1	XO_n	21.3	1.33

Kods: _____

2	X ₂ O _n	42.7	2.67
3	X ₃ O _n	64.0	4.00

Oksīds Mn₃O₄ ir analogs oksīdam Fe₃O₄, un faktiski atbilst MnO·Mn₂O₃. Tātad tajā Mn oksidēšanās pakāpe ir +2 un +3.

3. Uzraksti **E - J** ķīmiskās formulas! (5p.)

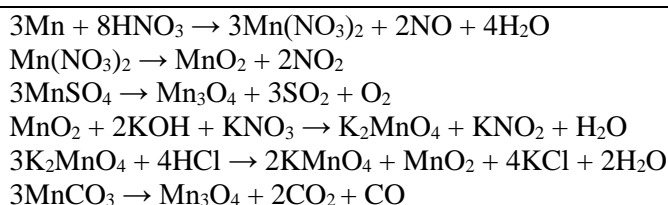
Varam noteikt, ka **E** = KMnO₄, **F** = K₂MnO₄, **G** = Mn(OH)₂, **I** = MnCO₃, **J** = MnO.

Apskatam gadījumu, ka **H** satur 1 Mn atomu un atrodam atlikušās daļas molas:

$$w_{Mn} = \frac{A(Mn) \cdot 100}{A(Mn) + M(atl)}$$
$$M(atl) = \frac{A(Mn) \cdot (100 - w_{Mn})}{w_{Mn}} = \frac{54,94 \cdot (100 - 62,47)}{62,47} = 33,0 \text{ g/mol}$$

Tā kā viela veidojas oksidējoties hidroksīdam, tā var saturēt O un H atomus, un šāda atommasa atbilst kombinācijai O₂H, kas ir oksīda hidroksīds, tātad **H** = MnO(OH).

4. Uzraksti ķīmisko reakciju 1 – 6 vienādojumus! (6p.)



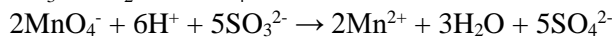
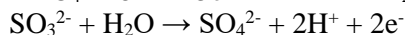
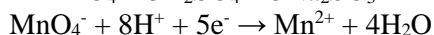
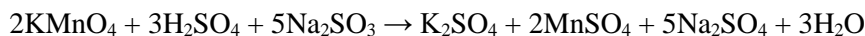
5. Savienojuma **H** analogu veido arī kāds cits metāls, un tas ir viens no šī metāla korozijas produktiem. Uzraksti šī **H** analoga ķīmisko formulu! (0,5p.)

Tas ir dzelzs oksīda hidroksīds FeO(OH).

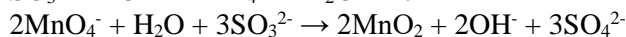
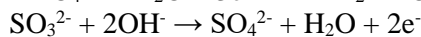
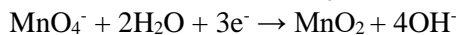
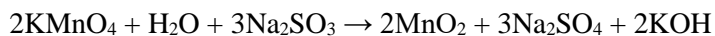
Reducējoties **E** dažādā vides pH, rodas atšķirīgi reakcijas produkti.

6. Uzraksti pilno ķīmisko reakciju vienādojumus un jonu-elektronu bilances vienādojumus savienojuma **E** reakcijai ar Na₂SO₃ skābā, neitrālā un bāziskā vidē! (3p.)

○ Skābā vidē:



○ Neitrālā vidē:



○ Bāziskā vidē:

