Valsts izglītības satura centrs
NACIONĀLAIS ATTĪSTĪBAS PLĀNS 2020
EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais fonds
IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ
Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Ķīmijas valsts 59. olimpiāde
Teorētiskās kārtas uzdevumi un atbilžu lapas 9. klasei

Skolēna vārds, uzvārds un skola:.....

Uzmanību! Visos aprēķinos (ja nav citas, speciālas norādes) izmantotas ķīmisko elementu molmasas, kas noapaļotas līdz veseliem skaitļiem, izņemot hloru, kura molmasa noapaļota līdz 35,5.

1. uzdevums. Karsējam maisījumus! (22 punkti)

14,22 g maisījumu, kas sastāvēja no kalcija karbonāta, nātrija karbonāta un nātrija hidrogēnkarbonāta, izkarsēja un iegūtos gāzveida produktus atdzesēja. To tilpums bija 2,016 litri (n.a.). Apstrādājot tādu pašu daudzumu šī maisījuma ar atšķaidītu sālsskābi, ieguva 6,60 g gāzes.

Uzraksti ķīmisko reakciju vienādojumus aprakstītajiem ķīmiskajiem procesiem! Ar katru no maisījuma sastāvdaļām raksti atsevišķu ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (5 punkti)

$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2\uparrow$
Nātrija karbonāts karsējot nesadalās
$2\ NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O\uparrow$
$CaCO_3 + 2\ HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$
$Na_2CO_3 + 2\ HCl \rightarrow 2\ NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$
$NaHCO_3\ _3 + HCl \rightarrow NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$

Aprēķini vielas daudzumu, ko satur 2,016 litri iegūtās gāzes (n.a.) un vielas daudzumu, ko satur 6,60 g iegūtās gāzes! (2 punkti)

$n(CO_2$, iegūts karsējot) = 2,016/22,4 = 0,09 moli
$n(CO_2$, iegūts apstrādājot ar skābi) = 6,60/44 = 0,15 moli

Aprēķini katras sastāvdaļas daudzumu (molos) maisījumā! (6 punkti)

Pieņemsim, ka maisījums satur *x* molus $CaCO_3$, *y* molus Na_2CO_3 un *z* molus $NaHCO_3$, tātad

$100x + 106y + 84z = 14,22$

Maisījumu karsējot, no x moliem $CaCO_3$ veidosies x moli CO_2, Na_2CO_3 karsējot nesadalās, bet no z moliem $NaHCO_3$ radīsies z/2 moli CO_2, tātad

$x + z/2 = 0,09$

Apstrādājot maisījumu ar sālsskābi, no x moliem $CaCO_3$ radīsies x moli CO_2, no y moliem Na_2CO_3 radīsies y moli CO_2, bet no z moliem $NaHCO_3$ radīsies z moli CO_2, tātad

$x + y + z = 0,15$

Atrisinot šo vienādojumu sistēmu, kas satur trīs vienādojumus un trīs nezināmos, iegūst, ka:

x = **0,06 moli $CaCO_3$**

y = **0,03 moli Na_2CO_3**

z = **0,06 moli $NaHCO_3$**

Kalcija karbonātu var iegūt dažādos veidos.

Uzraksti trīs ķīmisko reakciju vienādojumus kalcija karbonāta ieguvei! (3 punkti)

$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$

$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$

$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2\ NaCl$

iespējami citi dažādi ķīmisko reakciju vienādojumi

Atšķirībā no kalcija karbonāta, nātrija karbonāts šķīst ūdenī. Tas ir zināms gan bezūdens savienojuma formā, gan kā kristālhidrāts $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$. Laboratorijā bija nepieciešams pagatavot 10 % nātrija karbonāta šķīdumu.

Aprēķini, cik g bezūdens nātrija karbonāta un cik mL ūdens nepieciešams, lai pagatavotu 140,0 g 10,0 % nātrija karbonāta šķīdumu! (2 punkti)

$m(Na_2CO_3) = 140,0*0,10 = 14,0$ g

$m(H_2O) = 140,0 – 14,0 = 126,0$ g un $v(H_2O) = 126,0$ g/1g/mL = 126,0 mL

Bezūdens nātrija karbonāta vietā šī šķīduma pagatavošanai izmantoja tā dekahidrātu.

Aprēķini, cik g nātrija karbonāta dekahidrāta un cik mL ūdens nepieciešams, lai pagatavotu 140 g 10 % nātrija karbonāta šķīdumu! (4 punkti)

$M(Na_2CO_3) = 106$ g/mol, $M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O) = 286$ g/mol

14,0 gramiem bezūdens nātrija karbonāta, kas nepieciešami šī šķīduma pagatavošanai, atbilst 14,0*286/106 = 37,8 g tā dekahidrāta.

$m(H_2O) = 140,0 – 37,8 = 102,2$ g

$v(H_2O) = 102,2$ g/1 g/mL = 102,2 mL

2. uzdevums. Piķis un zēvele! (16 punkti)

Ķīmiskais elements A veido vienkāršu vielu dzeltenā krāsā, kuru sadedzinot gaisā, veidojas gāzveida oksīds B, kas satur 50 % skābekli.

Uzraksti ķīmiskā elementa A simbolu un oksīda B ķīmisko formulu! (2 punkti)

A – S; B – SO_2

Izlaižot oksīda B pārākumu caur nātrija hidroksīda šķīdumu, rodas savienojums C. Savienojums C reaģē ar ekvimolāru (tik pat lielu) daudzumu nātrija hidroksīda, veidojot savienojumu D, kas satur 38,10 % skābekli.

Uzraksti savienojumu C un D formulas, un abu ķīmisko reakciju vienādojumus! (4 punkti)

C – $NaHSO_3$; D – Na_2SO_3

$SO_2 + NaOH \rightarrow NaHSO_3$

$NaHSO_3 + NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

No ūdens šķīduma viela D izkristalizējas kristālhidrāta formā. Atdzesējot 98,4 g 25,61 % šīs vielas šķīdumu no 40 ^oC līdz 10 ^oC, izkristalizējās 26,4 g šī kristālhidrāta. Zināms, ka 10 ^oC 100 g ūdens šķīst 20 g šī savienojuma (bezūdens formā).

Nosaki kristālhidrāta ķīmisko formulu (6 punkti)

98,4 g 25,61 % nātrija sulfīta šķīduma satur 98,4*0,2561 = 25,20 g nātrija sulfīta
Šķīduma masa pēc kristalizācijas beigām būs 98,4 – 26,4 = 72 g
Tas satur 72*20/120 = 12 g nātrija sulfīta, tātad kristālhidrāts satur 25,2 – 12 = 13,2 g bezūdens nātrija sulfīta un 26,4 – 13,2 = 13,2 g ūdens. Nātrija sulfīta un ūdens daudzuma attiecība kristālhidrātā ir kā 13,2/126 : 13,2/18 = 0,1048 : 0,7333 jeb 1 : 7
Kristālhidrāta formula ir $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$

Vārot vielas D šķīdumu kopā ar vienkāršo vielu A rodas viela E, kas satur 29,11 % nātriju un 30,38 % skābekli. Atdzesējot šķīdumu, viela E izkristalizējas pentahidrāta formā.

Nosaki vielas E ķīmisko formulu un uzraksti reakcijas vienādojumu! (4 punkti)

Sēra saturs vielā E ir: 100 – 29,11 – 30,38 = 40,51 %
Nātrija, sēra un skābekļa molārās attiecībās vielā E ir:
29,11/23 : 40,51/32 : 30,38/16 = 1,2657 : 1,2659 : 1,8988 = 2 : 2 : 3.
Šī viela ir nātrija tiosulfāts $Na_2S_2O_3$.
$Na_2SO_3 + S \rightarrow Na_2S_2O_3$
vai $Na_2SO_3 + S + 5\ H_2O \rightarrow Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$

3. uzdevums. Izotopi, izobāri, izomorfi, izo… (11 punkti)

Ķīmiskais elements bors ir divu dabīgo izotopu ^{10}B un ^{11}B maisījums. Bora vidējā molmasa ir 10,81 g/mol.

Aprēķini katra izotopa moldaļu (procentuālo saturu) borā! (3 punkti)

Pieņemam, ka ^{10}B moldaļa ir x, tad ^{11}B moldaļa būs 1-x:
10x + 11(1-x) = 10,81
Atrisinot vienādojumu iegūst, ka x = 0,19. Tātad dabīgais bors sastāv no 19 % izotopa ^{10}B un no 81 % izotopa ^{11}B.

Dabā esošais ogleklis ir divus stabilu izotopu (^{12}C un ^{13}C) maisījums, kā arī tas satur niecīgus daudzumus radioaktīva, nestabila izotopa ^{14}C. Savukārt skābeklim ir zināmi 3 stabili izotopi (^{16}O, ^{17}O un ^{18}O).

Uzraksti visas iespējamās oglekļa(IV) oksīda molekulas formulas (ņemot vērā trīs oglekļa un trīs skābekļa izotopu eksistenci) un aprēķini vislielāko un vismazāko iespējamo oglekļa(IV) oksīda molmasu! (8 punkti)

$^{12}C^{16}O^{16}O$ M = 44 g/mol; $^{12}C^{17}O^{17}O$ M = 46 g/mol; $^{12}C^{18}O^{18}O$ M = 48 g/mol; $^{13}C^{16}O^{16}O$ M = 45 g/mol; $^{13}C^{17}O^{17}O$ M = 47 g/mol; $^{13}C^{18}O^{18}O$ M = 49 g/mol; $^{14}C^{16}O^{16}O$ M = 46 g/mol; $^{14}C^{17}O^{17}O$ M = 48 g/mol; $^{14}C^{18}O^{18}O$ M = 50 g/mol; $^{12}C^{16}O^{17}O$ M = 45 g/mol; $^{12}C^{16}O^{18}O$ M = 46 g/mol; $^{12}C^{17}O^{18}O$ M = 47 g/mol; $^{13}C^{16}O^{17}O$ M = 46 g/mol; $^{13}C^{16}O^{18}O$ M = 47 g/mol; $^{13}C^{17}O^{18}O$ M = 48 g/mol; $^{14}C^{16}O^{17}O$ M = 47 g/mol; $^{14}C^{16}O^{18}O$ M = 48 g/mol; $^{14}C^{17}O^{18}O$ M = 49 g/mol;

4. uzdevums. Gāzu dimensijas (12 punkti)

Trauka, kas piepildīts ar kriptonu, masa vienādos apstākļos ir par 3,12 g lielāka nekā tā paša trauka masa, ja tas ir piepildīts ar skābekli. Ja to pašu trauku tādos pašos apstākļos piepilda ar kāda no gāzveida sēra fluorīdiem, tad tā masa ir par 1,44 g lielāka, nekā, ja tas ir piepildīts ar kriptonu.

Aprēķini šī trauka tilpumu (n.a.)! (5 punkti)

m(trauks) + m(Kr) = m(trauks) + n(Kr)*M(Kr) m(trauks) + m(O_2) = m(trauks) + n(O_2)*M(O_2) n(Kr) = n(O_2) = n Δm = m(trauks) + n*M(Kr) - m(trauks) - n*M(O_2) = n*(M(Kr) – M(O_2)) = n(84-32) = 52n 3,12 = 52n, tātad n = 3,12/52 = 0,06 mol v(trauka) = 0,06*22,4 = 1,344 litri

Nosaki nezināmā sēra fluorīda ķīmisko formulu! (4 punkti)

1,44 = 0,06*(M(SF_x) – M(Kr)) = 0,06*(M(SF_x) – 84) Atrisinot vienādojumu iegūst, ka M(SF_x) = 108 g/mol Ja savienojums satur vienu sēra atomu, tad x = (108 – 32)/19 = 4 Savienojuma formula ir SF_4.

Diborāns(6), kura formula ir B_2H_6, arī ir gāze.

Aprēķini B_2H_6 relatīvo blīvumu pret hēliju!(2 punkti)

M(B_2H_6) = 28 g/mol M(B_2H_6)/M(He) = 28/4 = 7

Šķīdinot dažas gāzes ūdenī, rodas skābes.

Uzraksti atbilstošas ķīmiskās reakcijas piemēru! (1 punkts)

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$, iespējami arī dažādi citi piemēri

5. uzdevums. Aktīvie metāli un to savienojumi (9 punkti)

Sārmu un sārmzemju metāli paaugstinātā temperatūrā reagē ar ūdeņradi, veidojot binārus savienojumus – hidrīdus. Hidrīdos metālu oksidēšanas pakāpes ir pozitīvas, bet ūdeņraža oksidēšanas pakāpe ir negatīva (-1).

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu rubīdija hidrīda ieguvei! (1 punkts)

$2\ Rb + H_2 \rightarrow 2\ RbH$

Kā zināms, sārmu un sārmzemju metāliem reaģējot ar ūdeni, rodas to hidroksīdi un izdalās ūdeņradis. Arī hidrīdi ir ļoti reaģētspējīgi savienojumi, saskaroties ar ūdeni, tie pārvēršanas par hidroksīdiem. Arī šajā reakcijā izdalās ūdeņradis.

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu un aprēķini, cik litri ūdeņraža rodas (n.a.), ja ar ūdeni reaģē 0,63 g stroncija hidrīda! (3 punkti)

$SrH_2 + 2\ H_2O \rightarrow Sr(OH)_2 + 2\ H_2$
$M(SrH_2) = 90$ g/mol
$n(SrH_2) = 0,63/90 = 0,007$ mol
$n(H_2) = 2n(SrH_2) = 2*0,007 = 0,014$ mol
$v(H_2) = 0,014*22,4 = 0,314$ L

Saskaroties ar skābekli hidrīdi viegli oksidējas.

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu starp nātrija hidrīdu un skābekli (1 punkts)

$2\ NaH + O_2 \rightarrow 2\ NaOH$

Apstrādājot ar ūdeni 1,20 gramus cietas, kristāliskas vielas A izdalījās 672 mL (n.a.) ūdeņraža.

Nosaki divas iespējamās vielas A formulas! (4 punkti)

$n(H_2) = 0,672/22,4 = 0,03$ mol
Ūdeņradis rodas, ja ar ūdeni reaģē kāds no aktīvajiem metāliem vai aktīvo metālu hidrīdiem
Ja tie ir sārmu metāli, tad atbilstošie reakciju vienādojumi būs:
$2\ M + 2\ H_2O \rightarrow 2\ MOH + H_2$
$MH + H_2O \rightarrow MOH + H_2$
Ja tie ir sārmzemju metāli, tad atbilstošie reakciju vienādojumi būs:
$Me + 2\ H_2O \rightarrow Me(OH)_2 + H_2$
$MeH_2 + 2\ H_2O \rightarrow Me(OH)_2 + 2\ H_2$
Ja reakcijā piedalītos sārmu metāls, tad $n(M) = 0,06$ mol un $M(M) = 1,20/0,06 = 20$ g/mol, tāda sārmu metāla nav.
Ja reakcijā piedalītos sārmzemju metāls, tad $n(Me) = 0,03$ mol un $M(Me) = 1,20/0,0 = 40$ g/mol, tas atbilst kalcija molmasai.
Ja reakcijā piedalītos sārmu metāla hidrīds, tad $n(MH) = 0,03$ mol un $M(MH) = 1,20/0,03 = 40$ g/mol, tas atbilst kālija hidrīdam KH.
Ja reakcijā piedalītos sārmzemju metāla hidrīds, tad $n(MeH_2) = 0,015$ mol un $M(MeH_2) = 1,20/0,015 = 80$ g/mol, tāda sārmu metālu hidrīda nav.
Viela A var būt gan kalcijs Ca, gan kālija hidrīds KH.

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Ķīmijas valsts 59. olimpiāde
Teorētiskās kārtas uzdevumi un atbilžu lapas 10. klasei

Skolēna vārds, uzvārds un skola:.....

Uzmanību! Visos aprēķinos izmantotas ķīmisko elementu molmasas, kas noapaļotas līdz veseliem skaitļiem, izņemot hloru, kura molmasa noapaļota līdz 35,5.

1. uzdevums. Slāpekļskābe, nitrāti un citas labas lietas… (18 punkti)

2,067 g maisījuma, kas sastāvēja no vara(II) hidroksīda un bārija karbonāta izšķīdināja slāpekļskābē. Pilnīgai maisījuma izšķīdināšanai bija nepieciešami 600,0 ml slāpekļskābes, kuras koncentrācija bija 0,040 mol/litrā.

Uzraksti ķīmisko reakciju vienādojumus vara(II) hidroksīda un bārija karbonāta reakcijām ar slāpekļskābi! (2 punkti)

$Cu(OH)_2 + 2\ HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2\ H_2O$
$BaCO_3 + 2\ HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + CO_2\uparrow + H_2O$

Aprēķini reakcijā izlietotās slāpekļskābes daudzumu! (1 punkts)

$n(HNO_3) = c(HNO_3)*v(HNO_3) = 0,040*0,600 = 0,024$ mol

Aprēķini vara(II) hidroksīda un bārija karbonāta daudzumu maisījumā! (4 punkti)

Pieņemsim, ka maisījums satur x molus $Cu(OH)_2$ un y molus $BaCO_3$, tad
$98x + 197y = 2,067$
un $x + y = 0,024/2 = 0,012$
Atrisinot vienādojumu sistēmu iegūst, ka x = **0,003 mol $Cu(OH)_2$** un y = **0,009 mol $BaCO_3$**

Kādā citā eksperimentā izmantoja slāpekļskābes šķīdumu, kura molārā koncentrācija bija 6,956 mol/litrā, bet blīvums 1,220 g/mL.

Aprēķini HNO_3 masas daļu šajā šķīdumā! (4 punkti)

Pieņemsim, ka mums ir 1 litrs šāda šķīduma. Tā masa ir 1000*1,220 = 1220 g.
Viens litrs šķīduma satur 6,956 molus HNO_3, tātad HNO_3 masa šajā šķīdumā ir 6,956*63 = 438,228 g, tātad HNO_3 masas daļa šķīdumā ir 438,228/1220 = 0,3592 jeb 35,92 %

Praktiski visi nitrāti labi šķīst ūdenī. Tomēr, pievienojot dažādu vielu šķīdumiem slāpekļskābes šķīdumu, var novērot nogulšņu veidošanos.

Uzraksti ķīmisko reakciju vienādojumus diviem šādiem procesiem! (2 punkti)

$Na_2S_2O_3 + 2\ HNO_3$ (atšķ.) $\rightarrow S\downarrow + SO_2\uparrow + 2\ NaNO_3 + H_2O$
$[Ag(NH_3)_2]Cl + 2\ HNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + 2\ NH_4NO_3$
$Na_2[Zn(OH)_4] + 2\ HNO_3 \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2\ NaNO_3 + 2\ H_2O$

$3\ Na_2S + 8\ HNO_3 \rightarrow S\downarrow + 6\ NaNO_3 + NO\uparrow + 4\ H_2O$
un ļoti daudz citu dažādu piemēru

Karsējot nitrāti sadalās. Sadalīšanās produkti ir atkarīgi no katra konkrētā savienojuma īpašībām (galvenokārt katjona dabas) un no karsēšanas temperatūras. Kādā eksperimentā 140 ^oC izkarsēja 2,018 g nezināma nitrāta. Iegūtā cietā atlikuma masa bija 0,867 g.

Nosaki izkarsētā nitrāta ķīmisko formulu! (5 punkti)

Karsējot nitrātus var izdalīties skābeklis un veidojoties nitrīts, kā arī var izdalīties skābeklis un slāpekļa(IV) oksīds, veidojoties metāla oksīdam, var arī izdalīties skābeklis un slāpekļa(IV) oksīds, veidojoties brīvam metālam. Amonija nitrītus karsējot cietā atlikuma nebūs vispār. Lielais masas samazinājums (~57 %) norāda, ka cietais atlikums nebūs nitrīts, bet gan metāla oksīds vai brīvs metāls.
Pārbaudām iespēju, ka cietais atlikums ir metāls, kuru apzīmēsim ar simbolu A: karsēšanas procesu apraksta shēma $A(NO_3)_x \rightarrow A$
$M(A)/(M(A) + 62x) = 0,867/2,018$
$M(A)/(M(A) + 62x) = 0,4296$ Atrisinot to, iegūstam, ka $M(A) = 46,696\ x$
Pārbaudot atrod, ka metāla ar atbilstošām īpašībām nav.
Pārbaudām iespēju, ka cietais atlikums ir metāla oksīds, kuru apzīmēsim ar formulu $AO_{x/2}$, karsēšanas procesam atbilst shēma $A(NO_3)_x \rightarrow AO_{x/2}$
$M(AO_{x/2})/(M(A) + 62x) = 0,867/2,018 = 0,4296$
$(M(A) + 8x)/(M(A) + 62x) = 0,4296$
Atrisinot iegūst, ka $M(A) = 32,665x$
Pārbaudot atrod, ka meklējamais metāls ir cinks un savienojuma formula ir $Zn(NO_3)_2$.

2. uzdevums. Nezināmais elements un tā savienojumi (12 punkti)

Ķīmiskā elementa A veidotā vienkāršā viela sildot bez gaisa klātienes šķīst nātrija hidroksīda šķīdumā, veidojot jaunus savienojumus B un C. Savienojums B satur 25,40 % ķīmiskā elementa A, bet savienojums C satur 41,03 % ķīmiskā elementa A. Gaisa klātienē savienojums B viegli oksidējas par savienojumu D, kas satur 22,54 % ķīmiskā elementa A. Savukārt sadedzinot ķīmiskā elementa A veidoto vienkāršo vielu, rodas gāzveida oksīds E, kura relatīvais blīvums pret hēliju ir 16.

Aprēķini oksīda E molmasu! (1 punkts)

$M(E) = 16*4 = 64$ g/mol, tā atbilst sēra(IV) oksīda SO_2 molmasai.

Uzraksti ķīmiskā elementa A simbolu un ķīmisko savienojumu B, C, D un E formulas! (5 punkti)

A – S, B – Na_2SO_3, C – Na_2S, D – Na_2SO_4, E – SO_2
Skaitliskā pārbaude par sēra masas daļām savienojumos B, C un D apstiprina augstākminētās savienojumu B, C un D formulas.

Uzraksti trīs iepriekš minēto ķīmisko reakciju vienādojumus! (3 punkti)

$S + O_2 \rightarrow SO_2$
$3S + 6\ NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + 2\ Na_2S + 3\ H_2O$
$2\ Na_2SO_3 + O_2 \rightarrow 2\ Na_2SO_4$

Ķīmisko elementu A satur arī gāze F. Gāze F reaģē ar savienojumu E molārajās attiecībās 2 : 1, reakcijā rodas viena vienkārša viela un viens ķīmiskais savienojums.

Nosaki gāzi F un uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (3 punkti)

F – H_2S
$2\ H_2S + SO_2 \rightarrow 3\ S + 2\ H_2O$

3. uzdevums. Vēl viens nezināms ķīmiskais elements… (14 punkti)

2,032 g vienkāršu cietu vielu izšķīdināja koncentrētā slāpekļskābē, izdalījās 598,1 ml (n.a.) gāze A, kas satur 53,33 % skābekli.

Aprēķini iegūtās gāzes daudzumu un nosaki gāzes A ķīmisko formulu (4 punkti)

n(gāze) = 0,5981/22,4 = 0,0267 mol
Visticamāk, ka šī gāze ir kāds no slāpekļa oksīdiem. Pārbaudīsim to:
n(N) : n(O) = (100 – 53,33)/14 : 53,33/16 = 3,3336 : 3,3331 = 1 : 1
Šī gāze ir NO

Ietvaicējot iegūto šķīdumu, izkristalizējās bezkrāsaini skābes B kristāli.

Nosaki šīs skābes ķīmisko formulu, uzraksti notikušās ķīmiskās reakcijas vienādojumu un aprēķini iegūtās skābes masu! (10 punkti)

Lai izveidotos 0,0267 moli NO, ir nepieciešami 0,0267 moli HNO_3. Tā kā slāpekļa oksidēšanas pakāpe mainās no +5 uz +2, šajā procesā katrs slāpekļa atoms pievieno trīs elektronus, bet kopējais pievienotais elektronu skaits ir 0,0267*3 = 0,080 moli. Pievienoto un zaudēto elektronu skaitam jābūt vienādam, tātad nezināmais *ķīmiskais elements* šajā procesā zaudē 0,080 molus elektronu, kam atbilst izreaģējušā *ķīmiskā elementa daudzums* 0,080/x moli, kur ar x apzīmēts elektronu skaits, ko zaudē viens nezināmā ķīmiskā elementa atoms. Tā kā reakcijā piedalījās vienkārša viela, x ir vienāds arī ar elementa oksidēšanas pakāpi skābē, kas radās. Nezināmā *ķīmiskā elementa* molmasa = 2,032/(0,080/x) = 25,4x. Pārbaudot iespējamās x vērtības no 1 līdz 8, iegūst, ka vienīgā derīgā atbilde ir, ja x=5, kas atbilst ķīmiskā elementa joda molmasai 127 g/mol. Jods tiešām veido cietu vienkāršu vielu I_2, tam ir raksturīga oksidēšanas pakāpe +5, reakcijā rodas jodskābe HIO_3, kas tiešām ir cieta, kristāliska viela.

$3\ I_2 + 10\ HNO_3 \rightarrow 6\ HIO_3 + 10\ NO + 2\ H_2O$
$n(HIO_3) = 6/10*n(NO) = 6/10*0,0267 = 0,016$ mol
$m(HIO_3) = 176*0,016 = 2,816$ g

4. uzdevums. Neorganisko vielu klases (18 punkti)

Ķīmiskais savienojums A satur 25,50 % skābekļa, 1,59 % ūdeņraža, bet tā molmasa ir 125,5 g/mol.

Nosaki šī savienojuma ķīmisko formulu un uzraksti tā nosaukumu! (6 punkti)

Savienojums A noteikti satur hloru, jo tas ir vienīgais elements, kuram olimpiādes uzdevumu nosacījumos molmasa netiek noapaļota līdz veselam skaitlim.
Atrodam skābekļa un ūdeņraža savstarpējās attiecības:
n(O) : n(H) = 25,50/16 : 1,59/1 = 1,59 : 1,59 = 1 : 1, tātad šī savienojuma formulā ir vienāds ūdeņraža un skābekļa atomu skaits.
Apzīmējam skābekļa atomu skaitu savienojuma formulā ar n un aprēķinām, cik O atomu ir savienojuma formulā: 16*n/125,5 = 0,2550
Atrisinot vienādojumu, atrod, ka n = 2, tātad savienojums satur 2 OH grupas tā formulā
Nosakām nezināmā elementa molmasu (vai nezināmo elementu molmasu summu): 125,5 – 35,5 – 2*17 = 56 g/mol. Tas atbilst dzelzs molmasai, tātad savienojuma formula ir $Fe(OH)_2Cl$
Nosaukums – dzelzs(III) dihidroksīdhlorīds

Uzraksti vienu ķīmisko reakcijas vienādojumu šī savienojuma ieguvei! (1punkts)

$Fe(OH)_3 + HCl \rightarrow Fe(OH)_2Cl + H_2O$

$Fe_2O_3 + 2\ HCl + H_2O \rightarrow 2\ Fe(OH)_2Cl$

Iespējami arī citi $Fe(OH)_2Cl$ iegūšanas reakciju vienādojumi

Ķīmiskais savienojums B satur 1,03 % ūdeņradi, 16,49 % skābekli un vienu vai vairākus citus ķīmiskos elementus.

Nosaki šī savienojuma ķīmisko formulu! (5 punkti)

n(H) : n (O) = 1,03/1 : 16,49/16 = 1,03 : 1,03 = 1 : 1, tātad arī šis savienojums satur vienu vai vairākas OH grupas.

Ja ķīmiskais savienojums B satur vienu ūdeņraža atomu (tātad arī vienu OH grupu), tad tā molmasa ir 1/0,0103 = 97 g/mol

Nezināmā elementa molmasa (vai elementu molmasu summa) ir: 97 - 1 - 16 = 80 g/mol, kas atbilst broma molmasai, tas atbilst savienojuma formulai BrOH, tātad savienojums varētu būt bromapskābe HBrO.

Ķīmiskais savienojums C satur tikai nemetāliskos ķīmiskos elementus, tā molmasa ir 162 g/mol, tas satur 2,47 % ūdeņradi, 39,51 % skābekli un vēl divus ķīmiskos elementus.

Nosaki šī savienojuma ķīmisko formulu! (6 punkti)

n(H) : n(O) = 2,47/1 : 39,51/16 = 2,47 : 2,47 = 1 : 1

Arī šī savienojuma formulā ir vienāds ūdeņraža un skābekļa atomu skaits.

Aprēķinām O atomu skaitu (kas ir vienāds ar OH grupu skaitu) savienojuma formulā:

16n/162 = 0,3951

Atrisinot iegūstam, ka n = 4

Atlikušo divu ķīmisko elementu molmasu summa ir 162 – 17*4 = 94 g/mol, kas atbilst slāpekļa un broma molmasu summai. Savienojuma formula ir NH_4BrO_4 – amonija perbromāts.

5. uzdevums. Grafīts vai dimants? Vai tomēr kaut kas cits? (8 punkti)

Ķīmiskie elementi A un B atrodas ķīmisko elementu periodiskās tabulas otrajā periodā. Tie savā starpā veido savienojumu C, kas ir zināms divu modifikāciju veidā. Viena no šīm modifikācijām uzbūves ziņā ļoti atgādina grafītu, savukārt otra – dimantu. Arī šo modifikāciju īpašības ir tuvas grafīta un dimanta īpašībām. Ar skābekli elements A veido vienu oksīdu, savukārt elements B veido vairākus oksīdus.

Uzraksti abu ķīmisko elementu simbolus un savienojuma C ķīmisko formulu! (3 punkti)

A – bors B; B – slāpeklis N; C – bora nitrīds BN

Nosaki abu elementu oksidēšanas pakāpes savienojumā C! (2 punkti)

Bora oksidēšanas pakāpe ir +3, slāpekļa oksidēšanas pakāpe ir -3.

Izskaidro, kāpēc savienojuma C veidotās modifikācijas uzbūves ziņā ir ļoti līdzīgas grafītam un dimantam! (3 punkti)

Kopējais vērtības elektronu skaits vienam slāpekļa un vienam bora atomam ir tik pat liels kā diviem oglekļa atomiem, grupas B-N un C-C ir izoelektroniskas (satur tik pat daudz elektronu), kā arī līdzīgi ir šo elementu atomu rādiusi un tuvas elektronegativitātes (pie kam oglekļa elektronegativitātes skaitliskā vērtība 2,5 ir starp bora 2,0 un slāpekļa 3,0 elektronegativitāšu skaitliskajām vērtībām).

Vārds, Uzvārds, Skola _____

Valsts izglītības satura centrs
NACIONĀLAIS ATTĪSTĪBAS PLĀNS 2020
EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais fonds
IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ
Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Valsts 59. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 11. klasei

Kopā: 131 punkti

1. uzdevums Violeto-trons 15 punkti

A ir viela, kas veido violeti melnus prizmveida kristālus, ko šķīdinot ūdenī iegūst violetu šķīdumu. Tumši violetā **A** šķīduma reakcijā ar bezkrāsaino **B** šķīdumu (pārākumā) sērskābes klātienē iegūst vāji sarkanīgu šķīdumu. Šim šķīdumam pievienojot mazpolāru organisku šķīdinātāju, kas nejaucas ar ūdeni (piem., hloroformu), un maisījumu intensīvi sakratot, organiskās vielas slānis nokrāsojas gaiši violetā krāsā, kamēr ūdens slānis kļūst gaišāks, un tā krāsu var raksturot kā gaiši rozā. Abus slāņus atdala, un ūdens slāni lēni ietvaicējot iegūst gaiši rozā **C** kristālus, ko tālāk karsējot iegūst baltu pulverveida vielu **D**, kamēr karsēšanas laikā vielas maza samazinās par 32,3%. Savukārt ietvaicējot violeto organiskās vielas slāni novēro violetu tvaiku izdalīšanos (kas saistīts ar vielu **E**), un pēc ietvaicēšanas iegūst tukšu trauku.

1. Uzrakstīt **A** – **E** ķīmiskās formulas.

A = $KMnO_4$	*1 punkts*
B = KI (ko varam noteikt, jo pēc oksidēšanās rodas I_2)	*1 punkts*

Tā kā zināms, ka reducēšanās reakcijā skābā vidē rodas MnSO4, tad skaidrs, ka C = $MnSO_4 \cdot xH_2O$, ko dehidratējot karsējot iegūsim $MnSO_4$. Tā kā masas samazinājums notiek uz ūdens zaudēšanas rēķina, varam rakstīt, ka:

$$w(H_2O) = \frac{xM(H_2O)}{M(MnSO_4) + xM(H_2O)}$$

$$w(H_2O)M(MnSO_4) + w(H_2O)xM(H_2O) = xM(H_2O)$$

$$x = \frac{w(H_2O)M(MnSO_4)}{M(H_2O)\left(1 - w(H_2O)\right)} = \frac{0{,}323 \cdot 151{,}0}{18{,}0 \cdot 0{,}677} = 4$$

C = $MnSO_4 \cdot 4H_2O$	*2 punkts*
D = $MnSO_4$	*1 punkts*
E = I_2	*1 punkts*

2. Uzrakstīt aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus.

$2KMnO_4 + 10KI + 8H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 5I_2 + 6K_2SO_4 + 8H_2O$	*2 punkti*
$MnSO_4 \cdot 4H_2O \rightarrow MnSO_4 + 4H_2O$	*1 punkts*

3. Pamatot, kādēļ organiskās vielas slānis iekrāsojās violetā krāsā? Kādēļ ūdens slāņa krāsa pēc šī procesa mainās kā aprakstīts?

Jods ir nepolāra molekulāra viela, kas labi šķīst nepolāros šķīdinātājos, piem., hloroformā, bet ļoti slikti ūdenī. *1 punkts*

Ūdens šķīdumā savukārt I_2 veido komplekso savienojumu ar pārākumā esošajiem I^- joniem: $I^- + I_2 \rightarrow I_3^-$, kas mazā koncentrācijā ir brūngani sarkanā krāsa. *1 punkts*

4. Kādu daļiņu klātiene ir atbildīga par gaiši rozā šķīdumu pēc ekstrakcijas ar hloroformu?

Pēc I_2 pāriešanas organiskajā slānī ūdens slāņa krāsu nosaka tikai hidratētie Mn^{2+} joni **$[Mn(H_2O)6]^{2+}$**, kas ir rozā. *1 punkts*

5. Kas veidotos no **A**, ja reakciju veiktu nevis sērskābes bet a) kālija hidroksīda, un b) tīra ūdens klātienē? Kādas krāsu izmaiņas novērotu šādā gadījumā?

Visos gadījumos no KI rastos jods, jo šo procesu neietekmē vide, un līdz ar to visos gadījumos ūdens slāņa krāsu korekti varētu novērtēt pēc ekstrakcijas procesa.

a) Sārmainā vidē no MnO_4^- iegūst manganāta jonus MnO_4^{2-}, kas ir zaļā krāsā. *1 + 0,5 punkti*

b) Neitrālā vidē no MnO_4^- iegūst mangāna (IV) oksīdu MnO_2, kas veidojas kā brūngani melnas nogulsnes. *1 + 0,5 punkti*

2. uzdevums Vīna konservēšana 18 punkti

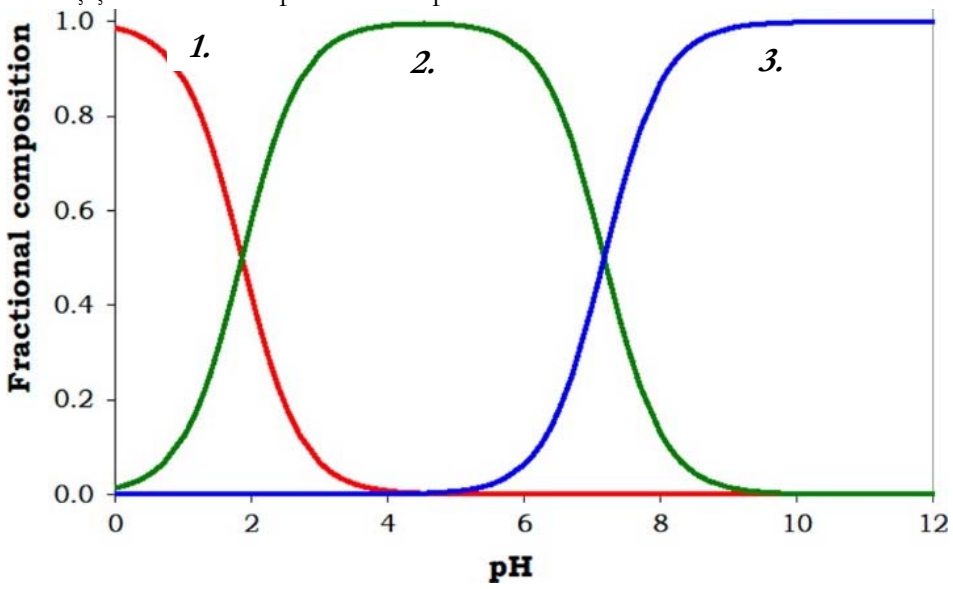
Tikpat kā jebkuram vīnam ražošanas procesā tiek pievienots sēra dioksīds, jo tas ir konservants, kam piemīt antioksidatīvas un anti-mikrobu īpašības (turklāt izvairīties no tā pilnībā faktiski nav iespējams, jo tas ir arī fermentācijas blakusprodukts). Zināms, ka izšķīstot sēra dioksīds jonizējas, vīnā eksistējot hidrogēnsulfītu un sulfītu veidā.

1. Uzrakstiet ķīmisko reakciju vienādojumus šīm pārvērtībām!

$SO_2 + H_2O \rightarrow HSO_3^- + H^+$ / $SO_2 + 2H_2O \rightarrow HSO_3^- + H_3O^+$ *1 punkts*

$HSO_3^- + \rightarrow SO_3^{2-} + H^+$ / $HSO_3^- + H_2O \rightarrow SO_3^{2-} + H_3O^+$ *1 punkts*

Realitātē šķīdumā (t.sk. vīnā) esošo sēra dioksīda, hidrogēnsulfītu un sulfītu relatīvo daudzumu nosaka tā pH, un šim mērķim var izmantot skābju-bāzu (protolītisko pāru) moldaļu grafikus, kas doti zemāk, un norāda katras daļiņas daudzumu pie noteikta pH.



Zināms ka sērpaskābes disociācijas pirmās stadijas $pK_{a1} = 1,86$, savukārt otrās stadijas $pK_{a2} = 7,17$.

2. Izmantojiet doto informāciju, nosakiet, kurai no daļiņām atbilst kura no līknēm. Pamatojiet savu atbildi ar ķīmisko pārvērtību vienādojumiem katrai no protolītisko pārvērtību stadijām.

Abus iepriekš aprakstītos līdzsvarus apraksta katra no disociācijas konstantēm:
$SO_2 + 2H_2O \rightarrow HSO_3^- + H_3O^+$ $pK_{a1} = 1,86$
$HSO_3^- + H_2O \rightarrow SO_3^{2-} + H_3O^+$ $pK_{a2} = 7,17$
Tātad $[SO_2] = [HSO_3^-]$, būs kad $K_{a1} = [H_3O^+]$ un $pK_{a1} = pH$
Analogi $[HSO_3^-] = [SO_3^{2-}]$, būs kad $K_{a2} = [H_3O^+]$ un $pK_{a2} = pH$ *1,5 punkti*
No tā secinām, ka vidējā līnija atbilst HSO_3^-, līnija pa kreisi SO_2, bet līnija pa labi SO_3^{2-}. *1,5 punkti*

Zināms, ka kādā analizētā baltvīnā ūdeņraža jonu koncentrācija ir $3,16 \cdot 10^{-4}$ M.

3. Aprēķināt šī vīna pH!

$pH = -\lg[H^+] = -\lg(3,16 \cdot 10^{-4}) = 3,50$ *1 punkts*

4. Noteikt, kura būs dominējošā daļiņa (sēra dioksīds, hidrogēnsulfīti vai sulfīti) šajā baltvīnā. Kuras daļiņas būs vismazāk?

Pie pH = 3,5 dominējošā daļiņa būs HSO_3^-, ap 2-4% būs SO_2 formā, bet SO_3^{2-} faktiski nebūs detektējami. *2 punkti*

5. Tikpat kā uz visām vīna pudelēm tiek rakstīts, ka vīns satur sulfītus. Komentējiet šo apgalvojumu un, ja nepieciešams, precizējiet to!

Apgalvojums zinātniski ir nekorekts, jo faktiski vīns satur hidrogēnsulfītus. *1 punkts*

Par kopējo sulfītu daudzumu vīnā mēdz saukt kopējo visu trīs formu (sēra dioksīda, hidrogēnsulfītu un sulfītu) koncentrāciju. To daudzumu var noteikt, piemēram, titrējot ar joda šķīdumu. Ņēma 20,00 mL tā paša baltvīna, pievienoja 5 mL 25% H_2SO_4 šķīduma un 1 mL 1% cietes šķīduma. Iegūto šķīdumu titrēja ar 0,0100 M joda šķīdumu, titrēšanā patērējot 6,25 mL titranta šķīduma.

6. Uzrakstīt titrēšanas reakcijas vienādojumu!

$SO_2 + I_2 + 2H_2O \rightarrow 2HI + H_2SO_4$
No šī redzam, ka reakcija notiek attiecībā 1:1. *2 punkti*

7. Kādēļ vīna paraugam pievienoja sērskābi? Pamatojiet!

Lai visas trīs formas (sēra dioksīdu, hidrogēnsulfītu un sulfītu) pārvērstu par SO_2, kas notiek tikai ļoti skābā vidē. *1 punkts*

8. Kādēļ pirms titrēšanas pievienoja cietes šķīdumu? Pamatojiet!

Lai padarītu vieglāk identificējamu jodu, kas ar cieti veid spilgti zilu kompleksu. Titrējot zilā kompleksa krāsa parādās, kad viss SO_2 ir izreaģējis, un titranta pievienotais jods vairs neizreaģē. *1 punkts*

9. Aprēķināt kopējo sulfītu koncentrāciju (mol/L) un masas koncentrāciju vīnā (mg/L), ja to izsaka SO_2 masā (kā to parasti dara praksē)!

Titrēšanā patērētā joda daudzums ir:
$n(I_2) = C \cdot V = 0,0100 \cdot 0,00625 = 0,0000625\ mol$ *1 punkts*
Tātad paraugā ir tāds pats kopējais sulfītu daudzums, un kopējā sulfītu koncentrācija ir:
$$n(sulf) = n(I_2) = 0,0000625\ mol$$
$c(sulf) = \frac{n}{V} = \frac{0,0000625}{0,0200} = 0,003125\ mol/L$ *1 punkts*
$\gamma(sulf) = c(sulf) \cdot M(SO_2) \cdot 1000 = 0,003125 \cdot 64,06 \cdot 1000 = 200,2\ mg/L$
1 punkts

10. Zināms, ka zinošs cilvēks ar jutīgu ožu vīnā sēra dioksīdu var sasmaržot (tā ir gāze ar izteiktu smaržu!) pie koncentrācijas 15 – 40 mg/L! Izmantojiet augstāk doto grafiku un nosakiet, vai sēra dioksīdu būs iespējams šādi sasmaržot arī šajā vīnā?

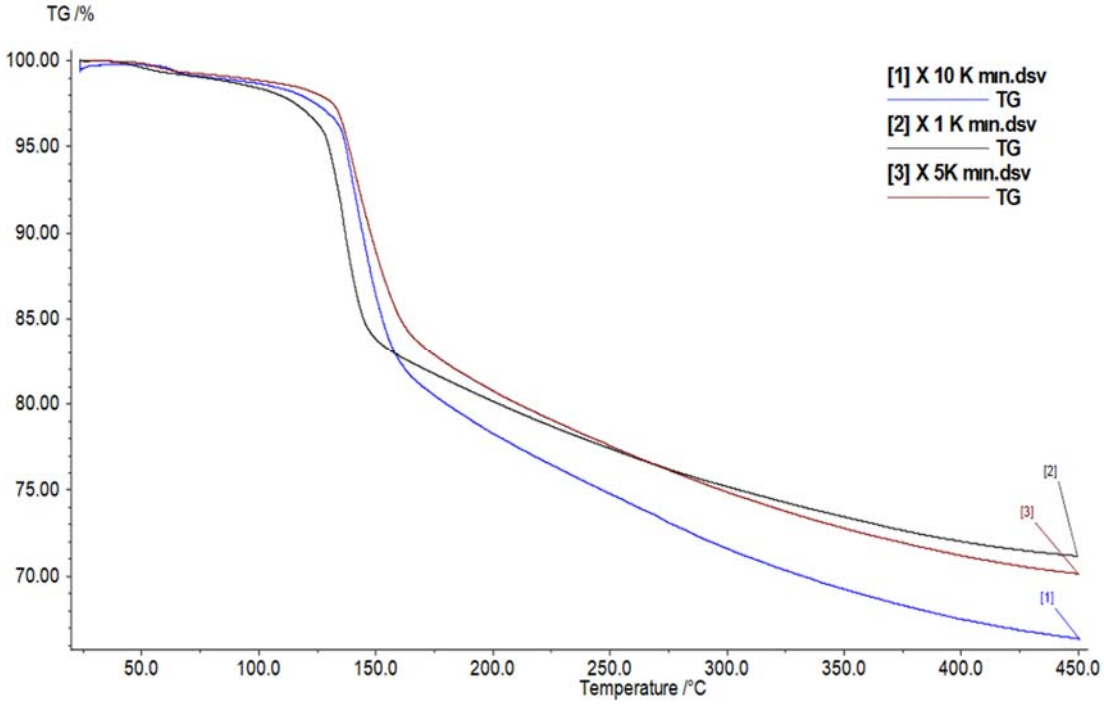
Ja vīna pH = 3,50, varam novērtēt, ka SO_2 formā būs aptuveni 2-4% no kopējā sulfītu sēra, kas ir $200{,}2 \cdot 0{,}02 - 200{,}2 \cdot 0{,}04$ tātad 4 – 8 mg/L, tātad zem robežas, kur to iespējams sasmaržot.

2 punkts

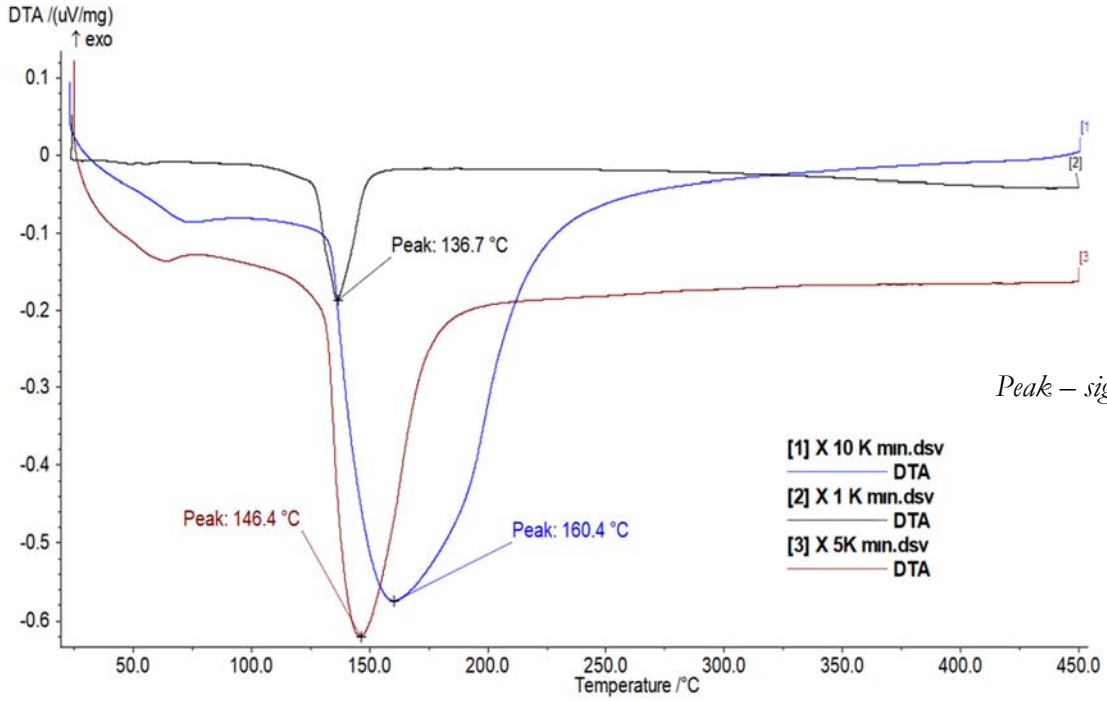
3. uzdevums Līkņu ķīmija 13 punkti

Termogravimetriskā analīze (TG) ir analīzes metode, kurā karsējot paraugu, reģistrē parauga masas izmaiņas, atkarībā no temperatūras (kura mainās laika gaitā). TG ir populāra metode ūdens daudzuma noteikšanai kristālhidrātos. Papildus TG izmanto arī diferenciālo termālo analīzi (DTA), kura parāda masas daļas izmaiņas straujumu atkarībā no temperatūras.

Bezūdens borakss ($Na_2B_4O_7$) ir industriāls produkts, kuru iegūst no dažādiem boraksa kristālhidrātiem. Kādam kristālhidrātam $Na_2B_4O_7 \cdot \mathbf{X}\ H_2O$ veica TG un DTA ar parametriem: 50 mg cietvielas, N_2 plūsmas ātrums 40 mL·min^{-1}, karsēšanas ātrumi 1, 5 un 10 K·min^{-1}, temperatūru intervāls 25 °C – 460 °C (1.att un 2.att.). Zināms, ka kristālhidrāta dehidratācijai ir 2 posmi: līdz 170 °C un no 170 °C.



1.att. **Parauga masas daļas atkarība no karsēšanas temperatūras (TG).**



Peak – signāla virsotne

2. att. **Parauga masas daļas izmaiņas atkarība no karsēšanas temperatūras (DTA).**

1) Kura metode [1], [2] vai [3] veido visprecīzākos DTA un TG mērījumus?

[2] ($1K \cdot min^{-1}$), jo ir vismazākā temperatūras izmaiņa, līdz ar to dehidratēšanās nenotiks lēnāk kā temperatūras celšanās (signāli būs visšaurākie un precīzākie).

1+1 *punkti*

2) Pieņem, ka pie 460 °C 96% kristālhidrātā esošais ūdens ir iztvaikojis un aprēķini ūdens attiecību **X** kristālhidrātā $Na_2B_4O_7 \cdot$ **X** H_2O. Izmanto tikai precīzākās metodes datus! ***X*** *ir vesels skaitlis.*

No grafika nolasot, pie 460 grādiem Celsija w=70.5% (Intervāls 69%-72%) *1 punkti*

$$w = \frac{M_{borakss} + M_{\bar{u}dens} \cdot x \cdot (1 - 0.96)}{M_{borakss} + M_{\bar{u}dens} \cdot x} = 0.705$$

$$\frac{201.219 + 18.015 \cdot x \cdot (1 - 0.96)}{201.219 + 18.015 \cdot x} = 0.705$$

1 punkti

Atrisina vienādojumu un iegūst x robežās no 4.6 līdz 5.4. Visos gadījumos jānoapaļo līdz **X=5**.

1 punkti

3) Pieņem, ka pirmā posma dehidratācija beidzas pie temperatūras, pie kuras masas izmaiņa ir vislielākā (skat. 2.att.). Nosaki starpsavienojuma $Na_2B_4O_7 \cdot$ **Y** H_2O ūdens daudzumu. ***Y*** *var nebūt vesels skaitlis.*

Temperatūru pie kuras beidzas pirmais posms pieņem kā T=136.7 C

No grafika nolasot w=[86%;90%] 1 *punkti*

$$w = \frac{M_{borakss} + M_{\bar{u}dens} \cdot y}{M_{borakss} + M_{\bar{u}dens} \cdot 5} = 0.86$$

$$\frac{201.219 + 18.015 \cdot y}{201.219 + 18.015 \cdot 5} = 0.86$$

1 *punkti*

Atrisina vienādojumu un iegūst **Y=2.75**. (Intervāls [2.75;3.40]) 1 *punkti*

4) Uzraksti kristālhidrāta abu dehidratāciju posmu reakciju vienādojumus.

$Na_2B_4O_7 \cdot 5\ H_2O \rightarrow Na_2B_4O_7 \cdot 2.75\ H_2O + 2.25\ H_2O$
$Na_2B_4O_7 \cdot 2.75\ H_2O \rightarrow Na_2B_4O_7 + 2.75\ H_2O$ *2 punkti*
2.75 vietā ir Y, kas iegūts iepriekšējā punktā

5) Kāpēc 1. posmā (līdz 170°C) parauga masa samazinās daudz straujāk nekā 2. posmā (no 170°C)?

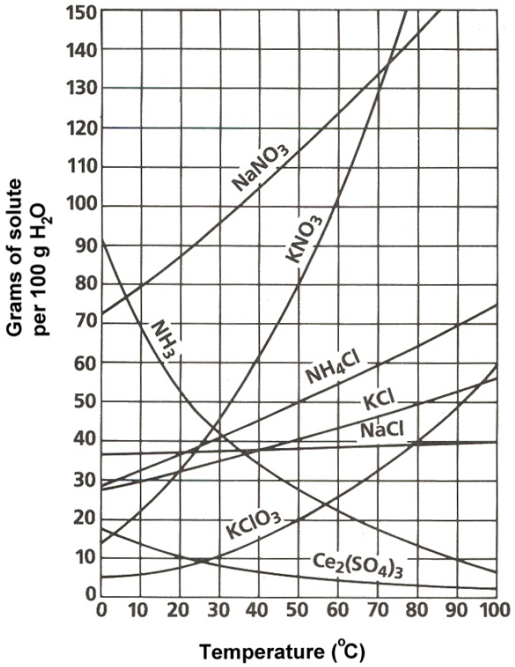
Jo krietni vieglāk ietvaicēt kristalizācijas ūdens molekulas nekā tās, kas saistās ar bora kompleksu ar kovalentajām saitēm. *2 punkti*

6) Boraksu apstrādājot ar sālsskābi, ir iespējams iegūt borskābi H_3BO_3. Uzraksti reakciju vienādojumu.

$Na_2B_4O_7 + 2\ HCl + 5\ H_2O \rightarrow 2\ NaCl + 4\ H_3BO_3$
vai
$Na_2B_4O_7 \cdot 5\ H_2O + 2\ HCl \rightarrow 2\ NaCl + 4\ H_3BO_3$ 1 *punkts*

4. uzdevums Izsālīšana 16 punkti

Zināms, ka dažādiem sāļiem ir dažāda šķīdība ūdenī, turklāt papildus tā ir atkarīga no temperatūras. Literatūrā ir atrodama, piem., šāda dažu sāļu šķīdības atkarība no temperatūras.



Tieši šķīdības izmaiņas temperatūrā ir viena no iespējām, kā varētu atdalīt sāļu maisījumus. Pieņemsim, ka sākotnēji mums ir maisījums no diviem sāļiem **A** un **B**, kurā katra sāļa masas daļa ir tieši 50,0%. Ievērojiet, ka bez sāļiem šeit parādīta arī amonjaka šķīdība, kas mūsu gadījumā nav svarīga. *Kā minimālo temperatūru varat izmantot 0 °C, bet kā maksimālo 100 °C, jeb ja pie tās nav datu, tad to maksimālos veselos desmitus grādu (70 vai 80), pie kura pieejami dati. Skaidri parādiet izmantot ūdens masu un aprēķinus!*

1. Jums jāveic kālija hlorīda (=**A**) un nātrija nitrāta (=**B**) atdalīšana. Aprēķiniet, kāds būs šo sāļu maisījuma sastāvs pēc vienas atdalīšanas (pārkristalizācijas) veikšanas, ja izmantos "visefektīvāko" ūdens daudzumu (attiecībā pret sāļu masu)!

Racionālākais piegājiens atdalīšanai sāļiem, kam zemās temperatūras ir līdzīga šķīdība, ir šķīdināt sāļus augstākajā temperatūrā tādā ūdens daudzumā, kurā izšķīdīs šajos apstākļos labāk šķīstošā viela, šķīdumu nofiltrēt un atdzesēt līdz minimālajai temperatūrai, kad daudz lielākā mērā kristalizēsies sāls, kuram būs lielāka koncentrācijas izmaiņa temperatūrā.

KCl un $NaNO_3$ maisījumam augstākā pieejamā temperatūra ir 80 °C, kad KCl šķīdība ir 49 g / 100 g H_2O, bet $NaNO_3$ šķīdība - 144 g / 100 g H_2O.

Pie 0 °C KCl šķīdība ir 28 g / 100 g H_2O, bet $NaNO_3$ šķīdība - 73 g / 100 g H_2O.

Tātad ja mums ir, piem., 100 g sāļu maisījuma, tajā būs 50,0 g $NaNO_3$, kura izšķīdināšanai 80 °C nepieciešami $100 \cdot \frac{50}{144} = 34{,}7$ g H_2O. Šādā daudzumā izšķīdīs $\frac{34{,}7}{100} \cdot 49 = 17{,}0$ g KCl. Tātad šķīdumā ir 50,0 g $NaNO_3$ un 17,0 g KCl.

Šādā ūdens daudzumā 0 °C šķīdumā paliks $\frac{34{,}7}{100} \cdot 28 = 9{,}7$ g KCl un $\frac{34{,}7}{100} \cdot 73 = 25{,}3$ g $NaNO_3$.

Tātad izgulsnēsies 50,0 – 25,3 = 24,7 g $NaNO_3$ un 17,0 – 9,7 = 7,3 g KCl.

Tātad maisījuma sastāvs būs $\frac{24{,}7}{24{,}7+7{,}3} = 77{,}2\%$ $NaNO_3$ un 22,8% KCl *5 punkti*

Korektāks atrisinājums ietver KNO_3 izgulsnēšanos $NaNO_3$ vietā, kas tiks pievienots vēlāk.

2. Aprēķiniet, kāds būs šo sāļu maisījuma sastāvs pēc otrās atdalīšanas (pārkristalizācijas) veikšanas, ja tajā izmantos maisījumu, kas iegūts pirmajā atdalīšanā un atkal "visefektīvāko" ūdens daudzumu!

Atkārtojot šo procedūru un atkal sākot ar 100 g maisījuma (lai vienkāršotu aprēķinus):
77,2 g $NaNO_3$ izšķīdināšanai 80 °C nepieciešami $100 \cdot \frac{77,2}{144} = 53,6$ g H_2O. Šādā daudzumā izšķīdīs $\frac{53,6}{100} \cdot 49 = 26,3$ g (tātad viss) KCl. Tātad šķīdumā ir visi 77,2 g $NaNO_3$ un 22,8 g KCl.
Šādā ūdens daudzumā 0 °C šķīdumā paliks $\frac{53,6}{100} \cdot 28 = 15,0$ g KCl un $\frac{53,6}{100} \cdot 73 = 39,1$ g $NaNO_3$.
Tātad izgulsnēsies 77,2 – 39,1 = 38,1 g $NaNO_3$ un 22,8 – 15,0 = 7,8 g KCl.
Tātad maisījuma sastāvs būs $\frac{38,1}{38,1+7,8} = 83,0\%$ $NaNO_3$ un 17,0% KCl.
Redzam, ka nākamajā pārkristalizācijā sastāva izmaiņas jau ir daudz mazākas. *3 punkti*
Korektāks atrisinājums ietver KNO_3 izgulsnēšanos $NaNO_3$ vietā, kas tiks pievienots vēlāk.

3. Kuru no attēlā dotajiem sāļiem būs visefektīvāk atdalīt no citiem sāļiem, izmantojot šķīdības atšķirības dažādās temperatūrās? Pamatojiet!

Ja ņemsim **$Ce_2(SO_4)_3$**, tad atdzesējot izgulsnēsies tikai otrs no sāļiem, jo $Ce_2(SO_4)_3$ (un no dotajiem tikai šim sālim) šķīdība pazeminot temperatūru pieaug. Līdz ar to no šī sāls ar 100% tīrību varam atdalīt jebkuru citu sāli. *3 punkti*

4. Kuru sāli būs visefektīvāk atdalīt no iepriekšējā punktā atrastā, ja kā primāro kritēriju izmantojiet pēc atdalīšanas iegūtā produkta tīrību, kā sekundāro – masu. Aprēķiniet, kāds būs šo sāļu maisījuma sastāvs pēc vienas atdalīšanas (pārkristalizācijas) veikšanas, ja izmantos "visefektīvāko" ūdens daudzumu!

Tā kā no šī sāls ar 100% tīrību varam atdalīt jebkuru citu sāli, izmantojam otru kritēriju un izvēlamies sāli, kam ir lielākās šķīdības izmaiņas, mainot temperatūru, un tas ir **KNO_3**.
Pēc kristalizācijas tiks iegūts 100% KNO_3, jo atdzesējot izgulsnēsies tikai šis sāls, kamēr viss $Ce_2(SO_4)_3$ paliks šķīdumā. *2 punkti*
(*ja ignorējam iespējamo K_2SO_4 izgulsnēšanos, jo tā šķīdība ir salīdzinoši maza, ko gan no uzdevumā dotā nevar uzzināt*)

5. Kuš no attēlā dotajiem sāļiem būs nākamais visefektīvāk atdalāmais no citiem sāļiem, izmantojot šķīdības atšķirības dažādās temperatūrās? Pamatojiet!

Tas būs NaCl, jo tā šķīdība, samazinot temperatūru, tikpat kā nemainās, līdz ar to atdzesējot nogulsnēs radīsies tikai ļoti neliels daudzums šī sāls. *3 punkti*

5. uzdevums Litija jonu baterija 22 punkti

Mūsdienās pamatā visās portatīvajās elektriskajās ierīcēs tiek izmantots litija jonu baterijas, kas ir aizstājušas agrāk šādās ierīcēs visizplatītākās niķeļa metālhidrīda baterijas.
Gan tamdēļ, ka baterijas spriegums sadalītu ūdeni, gan tamdēļ, kāda mijiedarbība iespējama starp litiju un ūdeni, kā elektrolītu litija jonu baterijās lieto litija sāļu šķīdumu organiskā šķīdinātājā, piem., dimetilkarbonātā[1]. Viens no populārākajiem sāļiem ir **B**, kura anjons ir veidots no 2 ķīmiskajiem elementiem. Tas ūdens klātienē viegli hidrolizējas, veidojot litija hidroksīdu, bināru savienojumu **C** un kādu vāju, taču ļoti reaģētspējīgu un toksisku skābi **D**, kas lēnām reaģē pat ar stiklu. **C** hidrolīzē ūdens pārākumā iegūst divas skābes – **D** un **E** – visai stipru vairākvērtīgu neorganisku skābi, ko plaši izmanto mazgājamo līdzekļu ražošanā un pārtikas rūpniecībā.

[1] Litija polimēru baterijās izmanto polimēru elektrodus.

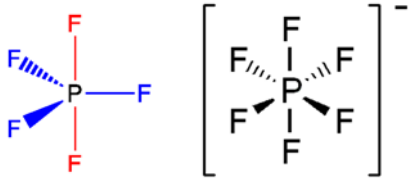
1. Uzraksties **B** – **E** ķīmiskās formulas.

Ja B hidrolīzē radīsies LiOH, tad tā katjons ir Li^+.
Vājā bet toksiskā reaģētspējīgā skābe ir HF. E pēc apraksta atbilst ortofosforskābe H_3PO_4, kas norāda, ka C ir PF_5 (jo hidrolīzē P oksidēšanās pakāpe nemainās), un attiecīgais B anjons ir PF_6
B = $Li[PF_6]$ C = PF_5 D = HF E = H_3PO_4 *4 punkti*

2. Uzrakstiet aprakstīto pārvērtību vienādojums!

$Li[PF_6] + H_2O \rightarrow LiOH + HF + PF_5$
Tā kā stikla galvenā sastāvdaļa ir SiO_2:
$4HF + SiO_2 \rightarrow SiF_4 + 2H_2O$ / $6HF + SiO_2 \rightarrow H_2SiF_6 + 2H_2O$
$PF_5 + 4H_2O \rightarrow 5HF + H_3PO_4$ *3 punkti*

3. Uzskatāmi attēlojiet **C** un **B** anjona telpisko uzbūvi.



1 punkts

Šajās baterijās viena no pusreakcijām (pusreakcija **I**) notiek ar litija joniem dopētā kobalta (IV) oksīdā (t.i. – kobalta (IV) oksīds ar pievienotu litija *piedevu*), un tajā rodas jauktais oksīds **A**, kurā kobalts ir samazinājis savu oksidēšanās pakāpi par 1. Otra pusreakcija (pusreakcija **II**) notiek uz grafīta elektroda (pamatojoties uz uzbūvi apzīmēsim grafītu ar C_6), un ir litija jonu izdalīšanās no neitrāla kompleksa ar grafītu (ko bieži apzīmē kā LiC_6). Šādas reakcijas nodrošina litija jonu plūsmu caur elektrolītu, kas atrodas starp abiem elektrodiem, kamēr elektroni plūst ārējā ķēdē.

4. Uzrakstiet abu pusreakciju vienādojumus.

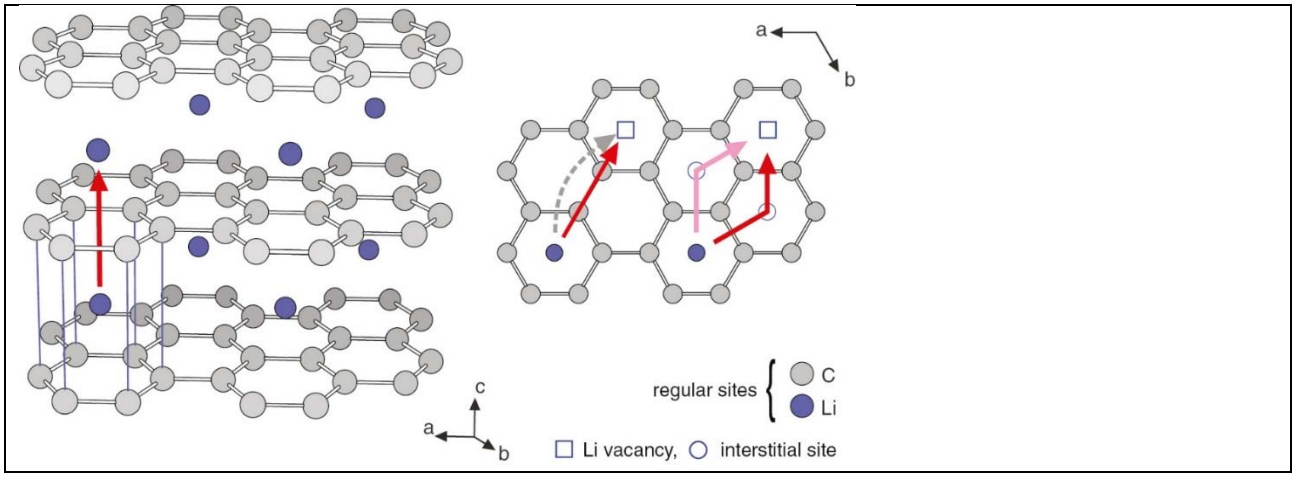
I: $CoO_2 + Li^+ + e^- \rightarrow LiCoO_2$
II: $LiC_6 \rightarrow C_6 + Li^+ + e^-$ *4 punkti*

5. Kurš no elektrodiem būs pozitīvais, bet kurš – negatīvais.

Pozitīvais elektrods būs dopētais kobalta (IV) oksīds (pusreakcija I), bet negatīvais – oglekļa (pusreakcija II) *1 punkts*

6. Zinot grafīta struktūru, skaidri iezīmējiet un paskaidrojiet, kur visticamāk novietosies litija atomi kompleksā LiC_6, ja zināms, ka šī pusreakcija ir apgriezeniska.

Zinot, ka grafīts ir slāņains, un produkts ir komplekss, Li atomi ievietosies starp grafīta plāksnēm. *1,5 punkti*
Tā kā Li uzbūve faktiski ir līdzīga benzolam, kur punkti ar identisku elektronu blīvumu starp plākšņu telpā ir virs C veidotajiem sešstūriem (un kompleksa formula tiek pierakstīta kā LiC_6), tad Li novietosies virs/zem šiem sešlocekļu cikliem. *1,5 punkti*



Kāds mobilais telefons ir aprīkots ar 2800 mAh (mA·h) ietilpīgu litija jonu bateriju. Tā uzlādi veica ar 1,8 A lielu strāvu.

7. Aprēķiniet, cik ilgi teorētiski būtu jāveic šīs baterijas pilnīga uzlāde?

Ja baterijas ietilpību uzdod kā $I \cdot t$ (mērvienība = mA·h), tad uzlādes laiku aprēķinā kā ietilpības dalījumu ar strāvas stiprumu:

$$t = \frac{Iet}{I} = \frac{2{,}8\ Ah}{1{,}8\ A} = 1{,}556\ h$$

2 punkti

8. Aprēķiniet, kāds ir litija jonu daudzums un masa (g), kas šīs uzlādes laikā tiek pārnesti caur elektrolītu no viena elektrod uz otru?

Uzlāde ir pretējs process šūnas izlādei, kad notiek aprakstītās ķīmiskās pārvērtības, un faktiski ir elektrolīze, kur varam izmantot Faradeja vienādojumu:

$$It = nFz$$

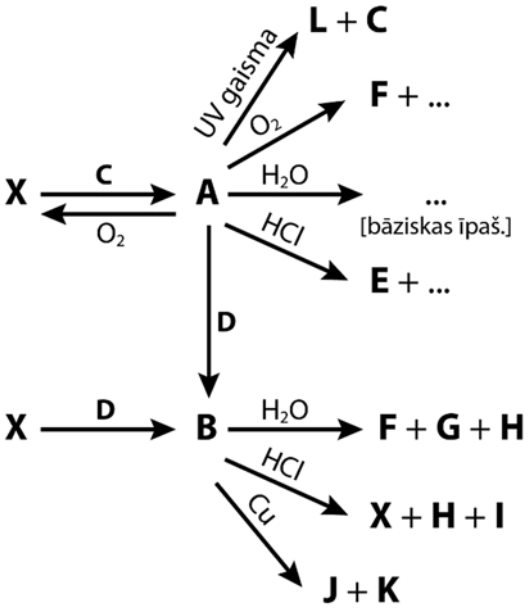
Tā kā abas pusreakcijas saistās ar lādiņa izmaiņu par 1, $z = 1$, un iegūstam:

$$n = \frac{It}{1 \cdot F} = \frac{1{,}8 \cdot 1{,}556 \cdot 60 \cdot 60}{96486} = 0{,}1045\ mol$$

Tātad pārnestā Li jonu masa būs $m = n \cdot A = 0{,}1045 \cdot 6{,}94 = 0{,}725\ g$ *4 punkti*

Internetā pieejamā informācija apstiprina, ka 1 šāda baterija satur ap 0,75 g "aktīvā" litija (jo Li satur arī elektrolīts, tā kā tā nebūs kopējā Li masa).

6. uzdevums ***Same but different but still same*** ***25 punkti***



Kāds elements veido divus uzbūves ziņā ļoti līdzīgus binārus savienojumus **A** un **B**, kuru fizikālās un ķīmiskās īpašības gan ir stipri atšķirīgas. **A** ir ķīmiskajā rūpniecībā plaši izmantota gāzveida viela, kuru paaugstinātā temperatūrā un spiedienā katalizatora klātienē iegūst vienkāršas gāzveida vielas **X** reakcijā ar **C** - otra **A** veidojošā ķīmiskā elementa veidoto vienkāršo vielu. **A** ir raksturīga asa smarža un tas labi šķīst ūdenī, turklāt šai procesā uzrāda izteikti bāziskas īpašības. Tāpat **A** bāziskās īpašības izpaužas tās reakcijā ar hlorūdeņradi, kurā rodas **E**.

B savukārt ir izmantojams tikai elektronikas rūpniecībā specifiskā jomā (silīcija plākšņu ķīmiskai tīrīšanai). To iegūst **X** reakcijā ar **D** - otra **B** veidojošā ķīmiskā elementa veidoto vienkāršo vielu, un arī šī reakcija notiek tikai specifiskos apstākļos – elektriskās izlādes klātienē. **D** ir ļoti toksiska bālgani dzeltena gāze, kas reaģē ar tikpat kā jebkuru elementu, pat cēlgāzēm. Šī viela savukārt tikai nedaudz šķīst ūdenī, un bāziskas īpašības neuzrāda. Tā vietā **B** reaģē ar ūdeni paaugstinātā temperatūrā, notiekot **X** disproporcionēšanās reakcijai, kurā rodas gāzveida oksīds **F** un divas skābes **G** un **H**. Reakcijā ar hlorūdeņradi savukārt izpaužas **B** (tiesa ne pārāk izteiktā) oksidētāja daba, un reakcijā rodas **X**, **H** un zaļgana gāze **I**. Tāpat **B** oksidētāja daba izpaužas tā reakcijā ar varu, kurā tiek iegūts binārs savienojums **J** un binārs vara savienojums **K**.

Struktūras ziņā analogs **J** savienojums ir **L**, ko iegūst istabas temperatūrā **A** apstarojot ar UV gaismu, un šai reakcijā izdalās **C**. Arī **L** ir bāziskas īpašības un tas ir rūpniecībā samērā plaši izmantojams reaģents, tāpat to izmanto kā raķešu degvielu.

A reakcijā ar skābekli katalizatora klātienē iegūst gāzveida oksīdu **F**, bet bez katalizatora klātienes veidojas **X**, kamēr **B** līdzīgas pārvērtības nav novērojamas.

Zināms, ka **A** reakcijā ar **D** iegūst **B**, kamēr pretēja pārvērtība – **A** iegūšana no **B** reakcijā ar **C** nav iespējama!

1. Uzrakstīt **X**, kā arī **A** – **L** ķīmiskās formulas.

Bāziska gāze ar raksturīgu asu smaku ir amonjaks, līdz ar ko:					
X = N;	(*1 punkts*)	A = NH_3;	(*1 punkts*)	C = H_2	(*0,5 punkti*)
E = NH_4Cl	(*0,5 punkti*)				
No apraksta par D var secināt, ka tā ir fluors, tātad:					
B = NF_3	(*1 punkts*)	D = F_2	(*0,5 punkti*)	F = NO	(*1 punkts*)
G = HNO_3	(*1 punkts*)	H = HF	(*1 punkts*)	I = Cl_2	(*1 punkts*)
K = CuF_2	(*0,5 punkti*)				
No apraksta varam secināt, ka, ja NH_3 UV gaismas klātienē izdalīs H_2, iegūtais savienojums **L** būs ar mazāku H:N attiecību. Ja tā ir 2, tad L = N_2H_4, kura īpašības un izmantošana atbilst aprakstītajai.					
J = N_2F_4	(*1 punkts*)	L = N_2H_4	(*1 punkts*)		

2. Uzrakstīt visu aprakstīto (shēmā uzrādīto) ķīmisko reakciju vienādojumus!

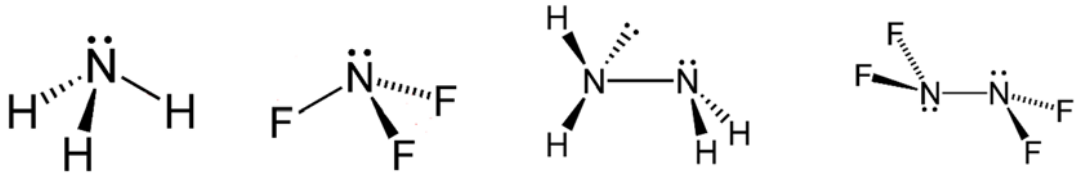
$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$	(*0,5 punkti*)
$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$	(*0,5 punkti*)
$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$	(*0,5 punkti*)
$N_2 + 3F_2 \rightarrow 2NF_3$	(*0,5 punkti*)
$3NF_3 + 5H_2O \rightarrow 2NO + HNO_3 + 9HF$	(*1 punkts*)

$2NF_3 + 6HCl \rightarrow N_2 + 6HF + 3Cl_2$	(*1 punkts*)
$Cu + 2NF_3 \rightarrow CuF_2 + N_2F_4$	(*1 punkts*)
$NH_3 \rightarrow N_2H_4 + H_2$	(*0,5 punkti*)
$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$	(*1 punkts*)
$4NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2N_2 + 6H_2O$	(*1 punkts*)
$2NH_3 + 3F_2 \rightarrow 2NF_3 + 3H_2$	(*0,5 punkti*)

3. Kādēļ **A** ir bāziskas īpašības, bet **B** nav?

Tādēļ, ka H elektronegativitāte ir mazāka nekā slāpeklim, līdz ar to uz slāpekļa esošais nedalītais elektronu pāris ir stipri negatīvs.
Turpretī F ir elektronegatīvāks nekā slāpeklis, un līdz ar to daļēji atvelk slāpekļa nedalīto elektronu pāri. *2 punkti*

4. Uzzīmēt **A** un **B**, kā arī **L** un **J** struktūrformulas, skaidri norādot atomu un nedalīto elektronu pāru telpisko novietojumu un molekulu telpisko formu!



2 punkti

5. B reakcijai ar ūdeni un HCl uzrakstīt oksidēšanās-reducēšanās pusreakciju jonu-elektronu bilances!

$3NF_3 + 5H_2O \rightarrow 2NO + HNO_3 + 9HF$

$N^{+3} + e^- \rightarrow N^{+2}$	·2
$N^{+3} - 2e^- \rightarrow N^{+5}$	·1

$2NF_3 + 6HCl \rightarrow N_2 + 6HF + 3Cl_2$

$2N^{+3} + 6e^- \rightarrow N_2^0$	·1
$2Cl^{-1} - 2e^- \rightarrow Cl_2^0$	·3

2 punkti

7. uzdevums *Magnusa zaļais sāls* *22 punkti*

Savienojums **A**, Magnusa zaļais sāls, ir kāda metāla **X** veidots tumsi zaļš savienojums, kura struktūra ir veidota no **X** atomu ķēdēm, tādejādi iegūstot faktiski polimērveida savienojumu. Plašāk zināms ir savienojums **B**, kura empīriskā formula, kā arī vairākas ķīmiskās uzbūves iezīmes ir identiskas ar savienojumu **A**, bet **B** ir dzeltens molekulārs savienojums.
Abus šos savienojumus var iegūt no **C** - viena no **X** hlorīdiem, ko iegūst citādi visai inertā metāla reakcijā ar hloru pārākumā. Zināms, ka savienojumā **C** metāla **X** masas daļa ir 57,91%. **C** reakcijā ar koncentrētu kālija hlorīda šķīdumu sildot iegūst **D**, kas sastāv no kompleksa anjona, un kur katjonam atbilstošā elementa masas daļa ir 16,09 %. Reducējot **D** ar sēra (IV) oksīdu ūdens šķīdumā iegūst **E**, kurā ir mainījusies tikai elementu attiecība, un tajā katjonam atbilstošā elementa masas daļa ir 18,84 %. Pie **E** ūdens šķīduma pievienojot amonjaku, iegūst **A** nogulsnes. Zināms, ka **A** sastāv gan no kompleksa anjona, gan katjona. Ja pie **A** pievieno amonjaku pārākumā, iegūst citu nešķīstošu kompleksu savienojumu **F**, kurā no **A** ir palicis tikai katjons, savukārt anjons ir hlorīds.
Zināms, ka **F** var iegūt arī otra metāla **X** hlorīda **G** reakcijā ar amonjaka šķīdumu (**G** metāla **X** masas daļa ir 73,34%), turklāt **F** reakcija ar **E** ie vienkārša apmaiņas reakcijā, kurā veidojas **A**.
Arī **B** iegūst no **E**, taču iegūšanas process ietver vairākas stadijas, jo produkts ir stereoizomērs. Sākotnēji **E** reakcijā ar kālija jodīdu pārākumā veic halogēna nomaiņu, iegūstot **H**, kam tālāk pievieno 2 ekvivalentus amonjaka, stereoselektīvi kompleksajā jonā veicot divu *cis*-novietotu ligandu nomaiņu

iegūstot **I**. **I** pievienojot 2 ekvivalentus sudraba (I) nitrāta šķīdumu panāk daļēju ligandu nomaiņu, nonākot pie **J**, kura reakcijā ar kālija hlorīdu pārākumā atkal panāk daļēju ligandu nomaiņu, iegūstot **B**.

1. Uzrakstīt metāla **X** un **A** – **J** ķīmiskās formulas.

X masas daļa hlorīdā XCl_a ir:

$$w_X = \frac{A_X}{A_X + 35{,}5\,a}$$

$$w_X A_X + w_x 35{,}5a = A_X$$

Varam izteikt no vienādojuma A_X:

$$A_X = \frac{35{,}5 a w_x}{(1 - w_X)} = \frac{35{,}5 \cdot a \cdot 0{,}5791}{0{,}4209}$$

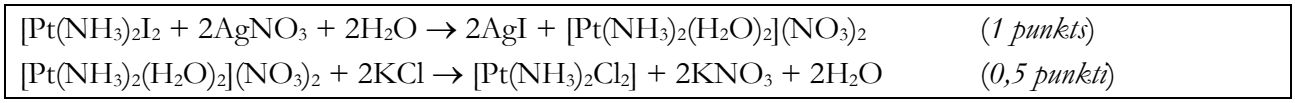
Vienīgais uzdevuma nosacījumiem atbilstošais elements (kas nav radioaktīvs) ir **Pt** (A_X=195,3 g/mol)
Tātad:
X = Pt (*2 punkti*) C = $PtCl_4$ (*1 punkts*)
$PtCl_4$ reakcijā ar KCl (atkarībā no Pt koordinācijas) var iegūt $K_2[PtCl_6]$. Varam pārliecināties, ka tajā katjona masas daļa ir $w_K = \frac{2 \cdot 39{,}1}{2 \cdot 39{,}1 + 195{,}1 + 6 \cdot 35{,}5} = 16{,}1\%$
Reducējot šo savienojumu, samazināsies Pt oksidēšanās pakāpe (uz +2), un iegūsim $K_2[PtCl_4]$. Varam pārliecināties, ka tajā $w_K = \frac{2 \cdot 39{,}1}{2 \cdot 39{,}1 + 195{,}1 + 4 \cdot 35{,}5} = 18{,}8\%$. Tātad:
D = $K_2[PtCl_6]$ (*1 punkts*) E = $K_2[PtCl_4]$ (*1 punkts*)
Kompleksais anjons mums jau ir, un komplekso katjonu vaidot var arī tikai Pt, turklāt Pt +2 koordinācijas skaitlis ir 4, tālab:
A = $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$ (*1 punkts*)
Pievienojot pie A NH_3 pārākumā, viss Pt pārvēršas kompleksajā katjonā, kā anjons paliek Cl (no izjukušā anjona):
F = $[Pt(NH_3)_4]Cl_2$ (*1 punkts*)
Varam aprēķināt, ka otra Pt hlorīda formulā *a* būs:

$w_{Pt} = \frac{A_{Pt}}{A_{Pt} + 35{,}5\,a}$ $w_{Pt}A_{Pt} + w_{Pt}35{,}5a = A_{Pt}$ $a = \frac{A_{Pt}(1 - w_{Pt})}{35{,}5 w_{Pt}} = 2$

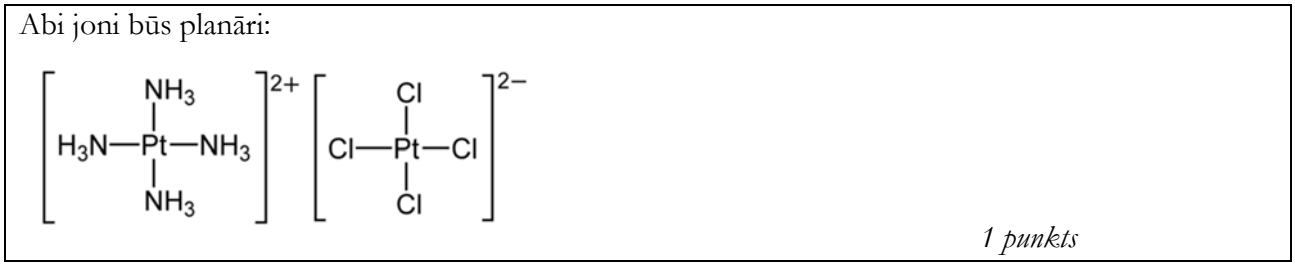
G = $PtCl_2$ (*1 punkts*)
Sekojot informācijai par ķīmisko pārvērtību stehiometriju, nosakām, ka:
H = $K_2[PtI_4]$ (*0,5 punkti*) I = $[Pt(NH_3)_2I_2]$ (*0,5 punkti*)
J = $[Pt(NH_3)_2(H_2O)_2](NO_3)_2$ (*1 punkts*)
Tātad B = $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$, kura empīriskā formula patiesi ir identiska $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$.
(*1 punkts*)

2. Uzrakstīt visu aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus!

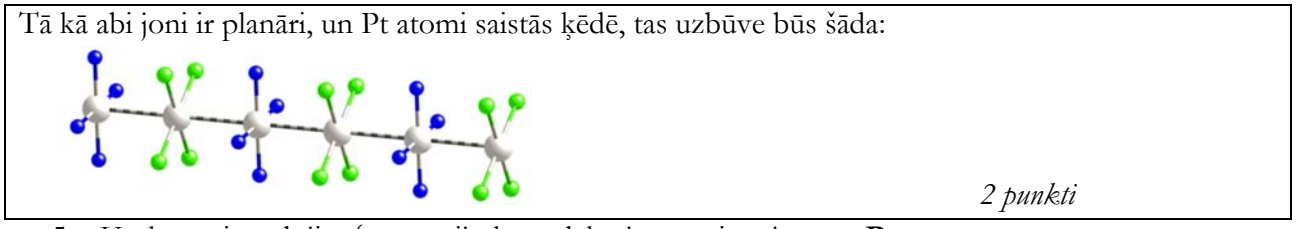
$Pt + 2Cl_2 \rightarrow PtCl_4$	(*0,5 punkti*)
$PtCl_4 + 2KCl \rightarrow K_2[PtCl_6]$	(*0,5 punkti*)
$K_2[PtCl_6] + SO_2 + 2H_2O \rightarrow K_2[PtCl_4] + H_2SO_4 + 2HCl$	(*1 punkts*)
$2K_2[PtCl_4] + 4NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_4][PtCl_4] + 4KCl$	(*1 punkts*)
$[Pt(NH_3)_4][PtCl_4] + 4NH_3 \rightarrow 2[Pt(NH_3)_4]Cl_2$	(*1 punkts*)
$PtCl_2 + 4NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_4]Cl_2$	(*0,5 punkti*)
$[Pt(NH_3)_4]Cl_2 + K_2[PtCl_4] \rightarrow [Pt(NH_3)_4][PtCl_4] + 2KCl$	(*0,5 punkti*)
$K_2[PtCl_4] + 4KI \rightarrow K_2[PtI_4] + 4KCl$	(*0,5 punkti*)
$K_2[PtI_4] + 2NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_2I_2] + 2KI$	(*0,5 punkti*)



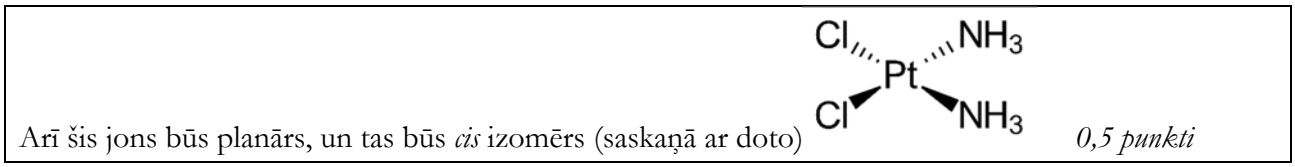
3. Uzskatāmi attēlojiet ģeometriju kompleksajiem joniem, kas ietilpst savienojumos **E** un **F** (un līdz ar to arī **A**).



4. Balstoties uz pieejamo informāciju, pēc iespējas precīzāk attēlojiet **A** uzbūvi.



5. Uzskatāmi attēlojiet ģeometriju kompleksajam savienojumam **B**.



Vārds, Uzvārds, Skola _____

Valsts izglītības satura centrs
NACIONĀLAIS ATTĪSTĪBAS PLĀNS 2020
EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Sociālais fonds
IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ
Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Valsts 59. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 12. klasei

Kopā: 130 punkti

1. uzdevums *Kolbe kolbā* *16 punkti*

Kolbes elektrolīze ir elektroķīmiska radikāļu reakcija, kurā vēsturiski izmantoja etiķskābi. Elektrolizējot etiķskābes ūdens šķīdumu, izdalās viegla, degtspējīga gāze **A**, nedegoša gāze **B** un alkāns **C**. Savukārt elektrolizējot kādas citas organiskas skābes **D** šķīdumu, veidojas tikai **A** un **B**.

1) Nosaki savienojumus **A**-**D**.

A = H_2
B = CO_2
C = C_2H_6
D = HCO_2H (ieskaita arī skābeņskābi $C_2H_2O_4$) 1+1+1+1 *punkti*

2) Uzraksti etiķskābes elektrolīzes vienādojumu.

$2\ CH_3COOH \rightarrow C_2H_6 + H_2 + 2\ CO_2$ 1 *punkts*

3) Zināms, ka etiķskābes elektrolīzē uz viena elektroda veidojas **A** un uz otra **B** un **C**. Nosaki, uz kura elektroda notiks kura pusreakcija un uzraksti abas pusreakcijas.

Uz katoda – reducēšanās
$2\ H^+ + 2\ e^- \rightarrow H_2$
Uz anoda – oksidēšanās
$2\ CH_3COO^- - 2e^- \rightarrow 2\ CO_2 + C_2H_6$ 2·0,5+2·1 *punkti*

Elektrolizējot 150 mL 4,505 M etiķskābes šķīdumu, ar 100% iznākumu ieguva gāzu maisījumu, kuru bez zudumiem novirzīja uz 37,5 L lielu izolētu, tukšu konteineri.

4) Pieņemt, ka gāzu maisījums sastāv no ideālām gāzēm, un noteikt minimālo temperatūru T_1 kelvinos, pie kura gāzu maisījuma spiediens kļūs lielāks par atmosfēras spiedienu. *Zināms, ka 1 atm=1,013·10^5 Pa un R=8,3145 J/(mol·K)*

$n(CH_3COOH)=0.150\ L\cdot 4.505\ M=0.676\ mol$
$n(gāzes)=n(C_2H_6)+n(H_2)+n(CO_2)=0.5\cdot n(CH_3COOH)+0.5\cdot n(CH_3COOH)+n(CH_3COOH)=$
$=2\cdot n(CH_3COOH)=0.676\ mol\cdot 2=$**1.35 mol**

$$T = \frac{p \cdot V}{n \cdot R} = \frac{1.013 \cdot 10^5 Pa \cdot 0.0375\ m^3}{1.35\ mol \cdot 8.3145\ J/(mol \cdot K)} = \mathbf{338\ K}$$

1+1 punkti

Reālas gāzes daudz labāk apraksta sarežģītāki vienādojumi. Viens no tiem ir Van der Vālsa vienādojums (skat. zemāk).

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

5) Kādi pieņēmumi tiek veikti aprakstot ideālu gāzi, taču vairs netiek pieņemti aprakstot reālu gāzi (kāpēc reālas gāzes vienādojumā ir spiediena un tilpuma korekcijas)?

a) Tilpuma korekcijas: ideālas gāzes modelī pieņem, ka molekulas neaizņem telpu
b) Spiediena korekcijas: ideālas gāzes modelī pieņem, ka sadursmes starp molekulām ir elastīgas un starp molekulām neeksistē mijiedarbības spēki (pievilkšanās un atgrūšanās) *1+1 punkti*

6) Aprēķini, izmantojot tabulas datus, kāds būs reālu gāzu maisījuma spiediens, ja temperatūra konteinerā ir 400 K.

Izmanto R=0,083145 (L·bar)/(mol·K)

	a, bar·L^2/mol^2	**b**, L/mol
gāze **A**	0,2453	0,02651
gāze **B**	3,658	0,04286
gāze **C**	5,570	0,06499

Piezīme: Šajā apakšpunktā pieņem, ka vienādas gāzes molekulas uzvedas kā reālas gāzes, taču, attiecībā pret citām gāzēm, kā ideālas gāzes.

Kopējais sistēmas spiediens ir vienāds ar visu gāzu veidoto parciālspiedienu summu.

p(kopējais)=p(CO_2)+p(H_2)+p(C_2H_6)

Šeit (atšķirībā no ideālas gāzes modeļa) parciālspiedieni vairs nav proporcionāli gāzu moldaļām. Vispirms aprēķina katras gāzes vielas daudzumu.

n(CO_2)=n(CH_3COOH)=0.150 L·4.505 M=**0.676 mol**

n(H_2)=n(CH_3COOH)/2=**0.338 mol**

n(C_2H_6)=n(CH_3COOH)/2=**0.338 mol**

No van der Vālsa vienādojuma izsaka spiedienu

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{(V - n \cdot b)} - \frac{a \cdot n^2}{V^2}$$

Aprēķina katras gāzes radīto parciālspiedienu. Jāievēro, ka tā kā konstantēs a un b tilpuma parametrs ir L nevis m^3, tad arī parciālspiediena aprēķināšanā tilpums jāievieto L! Tas pats ar spiedienu (parciālspiedienu iegūst bar).

$$p_{CO2} = \frac{0.676\ mol \cdot 0.083145\ L \cdot \frac{bar}{mol \cdot K} \cdot 400K}{\left(37.5\ L - 0.676\ mol \cdot 0.04286 \frac{L}{mol}\right)} - \frac{3.658\ bar \cdot \frac{L^2}{mol^2} \cdot (0.676\ mol)^2}{(37.5\ L)^2} = 0.599\ bar$$

P(H_2)=**0.300 bar**

P(C_2H_6)=**0.299 bar**

p(kopējais)=p(CO_2)+p(H_2)+p(C_2H_6)=**1.198 bar** *3·0.5+0.5 (par formulu) +3·0.5+0.5 punkti*

2. uzdevums Dārgakmeņu uzbūve 27 punkti

Zināms, ka metāla **X** oksīds **A** dabā eksistē diezgan bieži sastopama minerāla veidā, kas tīrā veidā parasti ir caurspīdīgs, bet atkarībā no veidošanās apstākļiem un piemaisījumiem ir sastopams arī dažādās citās krāsās (no sarkanas līdz pat zilai). Šī iemesla dēļ šo minerālu izmanto kā dārgakmeni vai pusdārgakmeni. Zināms, ka skābekļa masas daļa oksīdā **A** ir 47,08%.

1. Kas ir metāls **X** un oksīds **A**?

Skābekļa masas daļa oksīdā X_2O_a (kur pie pāra oksidēšanās pakāpēm 2 pie **X** saīsināsies) ir:

$$w_O = \frac{16a}{2 \cdot A_X + 16a}$$

$$w_O 2 \cdot A_X + w_O 16a = 16a$$

Varam izteikt no vienādojuma A_X (pirms tam to izdalot ar 2):

$$A_X = \frac{8a(1 - w_O)}{w_O} = \frac{8 \cdot a(1 - 0{,}4708)}{0{,}4708}$$

Vienīgais uzdevuma nosacījumiem atbilstošais elements ir Al (A = 26,98 g/mol) (dažos citos gadījumos atrodam vai nu nemetāls vai metālus, kam nevar būt attiecīgā oksidēšanās pakāpe). Tātad **X** = Al un oksīds ir Al_2O_3. *2 punkti*

Dabā **A** veidojošais metāls **X** visplašāk ir izplatīts un tiek iegūts no rūdas, kas satur tā hidroksīdu (**B**) un oksihidroksīdu **C**. Lai atdalītu no silikātiem un dzelzs savienojumiem, sākotnēji rūda augstā temperatūrā un lielā spiedienā tiek šķīdināta koncentrētā nātrija hidroksīdā, iegūst savienojuma **D** šķīdumu, ko atdzesējot izgulsnējas tīrs **B**. Tālāk šādu **B** karsējot >1000 °C iegūst tīru **A**.

2. Kas ir savienojumi **B** – **D**?

B = $Al(OH)_3$
C = AlO(OH)
D = $NaAl(OH)_4$ *3 punkti*

3. Uzrakstīt aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus!

$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAl(OH)_4$
$AlO(OH) + NaOH + H_2O \rightarrow NaAl(OH)_4$
$NaAl(OH)_4 \rightarrow Al(OH)_3 + NaOH$
$2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O$ *2 punkti*

4. Kurā stadijā tiek atdalīti dzelzs savienojumi, bet kurā – silikāti?

Dzelzs nav amfotērs, un līdz ar to nešķīdīs nātrija hidroksīdā.
Silikāti neizgulsnēsies, kad šķīdums tiks atdzesēts. *2 punkti*

Mūsdienās tīru **X** iegūst **A** kausējuma elektrolīzē, kur **A** izšķīdina izkausētā vielā **E**, un elektrolīzi veic, izmantojot oglekļa elektrodus, šādi iegūstot **X** un atkarībā no elektrolīzes apstākļiem vai nu bezkrāsainu indīgu gāzi **F**, vai no tās iegūstamu citu bezkrāsainu gāzi **G**. Zināms, ka **E** ir metālu **X** saturošs jonisks savienojums, ko sintētiski iegūst **A** reakcijā ar nātrija hidroksīdu un fluorūdeņražskābi, turklāt savienojumā **E** **X** saturošajam anjonam ir oktaedriska forma.

5. Kas ir savienojumi **E** – **G**?

Al_2O_3 reakcijā ar nātrija hidroksīdu un HF alumīnijs veidos anjonu, turklāt HF klātienē šis anjons saturēs fluoru. Katjons savukārt būs kālijs, un tā kā anjonam ir oktaedriska forma, **E** = Na_3AlF_3
F = CO; **G** = CO_2 *2+2·0,5 punkti*

6. Uzrakstīt ķīmiskās reakciju vienādojumu, ja tiek iegūta **G**, norādot, kāda pusreakcija notiek pie katoda, un kāda pie anoda!

$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$
$Al^{+3} + 3e^- \rightarrow Al$
$2O^{2-} + C - 4e^- \rightarrow CO_2$ *1+2·0,5 punkti*

Vienam no **A** veidotajiem dārgakmeņiem krāsu piešķir tas, ka daļēji struktūrā metālu **X** ir aizstājis hroms. Kāda šāda dārgakmeņa analīzē noteica, ka hroma masas daļa ir 1,025%.

7. Aprēķināt kāda ir molārā **X** un hroma attiecība (**X** : Cr) šajā dārgakmenī!

Savienojums ir veidots no Al_2O_3 un Cr_2O_3. Cr_2O_3 molmasa ir 152,0 g/mol, un Cr masas daļa tajā ir 68,42%. Ja Cr masas daļa ir 1,025%, tad Cr_2O_3 masas daļa ir $w(Cr_2O_3) = \frac{w(Cr)}{w(Cr/Cr_2O_3)} = \frac{1,025}{0,6842} = 1,50\%$.
Līdz ar to Al_2O_3 masas daļa ir 98,50%. Tā kā Al masas daļa Al_2O_3 ir 52,92%, tad Al masas daļa ir $w(Al) = w(Al_2O_3)w(Cr/Al_2O_3) = 98,50 \cdot 0,5292 = 52,13\%$.
Izdalot abu metālu masas daļu ar molmasu nonāksim līdz to daudzuma attiecībai:

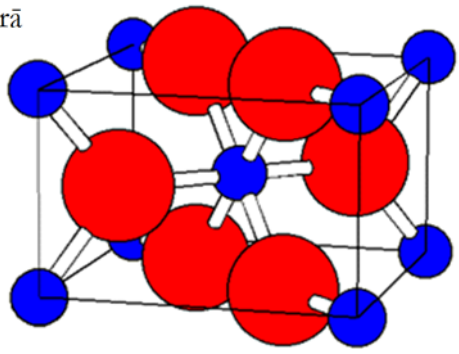
$$n(Al):n(Cr) = \frac{w(Al)}{A(Al)}:\frac{w(Cr)}{A(Cr)} = \frac{52,13}{26,98}:\frac{1,025}{52,00} = 1,932:0,0197 = 98:1$$

3 punkti

8. Cik **A** struktūras elementāršūnas ir jāapskata, lai šajā kopā vidēji atrastu 1 hroma atomu, ja zināms, ka elementāršūnā ietilpst sešas oksīda formulvienības?

Tā kā uz katriem 98 Al atomiem būs 1 Cr atoms, kopumā uz 99 atomiem būs 1 Cr atoms. Ja elementāršūnā ir 6 Me_2O_3 formulvienības, tas nozīmē ka tajā būs 12 atomi. Tā kā $\frac{99}{12} = 8,25$, tad 99 metāla atomi būs **8,25** elementāršūnās, un līdz ar to jāņem **9 elementāršūnas**, lai tajās vidēji atrastu 1 hroma atomu (jo elementāršūnās būs tikai 96 atomi). *2 punkti*

A dažkārt ir sastopami kāda cita oksīda **H** ieslēgumi, veidojot savdabīgu un skaistu stiegrainu rakstu, kas palielina attiecīgo dārgakmeņu vērtību. **H** ir dioksīds, kurā skābekļa masas daļa ir 40,1%. **H** dārgakmeņos kristalizējas tetragonālajā singonijā, kur atomu novietojums šūnas augšā un apakšā atbilst kvadrātam ar malas garumu a = 4,594 Å (1 Å = $1 \cdot 10^{-10}$ m), savukārt izveidotā paralēlskaldņa augstums ir c = 2,959 Å. Zinot, ka šūnas virsotnēs atrodas metāla atomi, un skābekļa atomi kuba augšā un apakšā atrodas tieši uz skaldnes, kamēr pa vidu esošie atrodas šūnas iekšienē.



9. Kas ir oksīds **H**?

Skābekļa masas daļa oksīdā Y_2O_a (kur pie pāra oksidēšanās pakāpēm 2 pie **X** saīsināsies) ir:

$$w_O = \frac{16a}{2 \cdot A_Y + 16a}$$

$$w_O 2 \cdot A_Y + w_O 16a = 16a$$

Varam izteikt no vienādojuma A_Y (pirms tam to izdalot ar 2):

$$A_Y = \frac{8a(1 - w_O)}{w_O} = \frac{8 \cdot a(1 - 0,401)}{0,401}$$

Uzdevuma nosacījumiem atbilst gan Mg (A = 23,9 g/mol), gan Ti (A = 47,8 g/mol) (dažos citos gadījumos atrodam vai nu nemetāls vai metālus, kam nevar būt attiecīgā oksidēšanās pakāpe). Aprēķinātās molmasas sakritība labāka ir Ti, turklāt saskaitot atomus (skatīt nākamo atbildi), nonākam pie tā, ka attiecība Y : O = 1:2, līdz ar ko metāls = **Ti** un oksīds ir **TiO_2**. *2 punkti*

10. Aprēķiniet metāla un O atomu skaitu, kas atrodas dotajā elementāršūnā! *Ņemiet vērā, ka ja atoms atrodas uz šūnas malas, pie tās pieder tikai daļa no atoma, un šo daļu nosaka tas, cik kopumā šūnām pieder šis atoms.*

Tā kā 8 metāla atomi atrodas uz virsotnēm (un šūnai pieder 1/8 no katra) un viens atrodas šūnas vidū, ir $8 \cdot \frac{1}{8} + 1 = 2$ metāla atomi.
Tā kā 4 O atomi atrodas uz skaldnes (un šūnai pieder 1/2 no katra) un divi atrodas šūnas iekšienē, ir $4 \cdot \frac{1}{2} + 2 = 4$ O atomi. *2 punkti*

11. Cik oksīda formulvienību ietilpst elementāršūnā?

Šūnā atrodas Ti_2O_4, tātad 2 oksīda TiO_2 formulvienības. *1 punkts*

12. Aprēķiniet **H** blīvumu (g/cm^3)!

Tā kā elementāršūna ir kuba paralēlskaldnis, tās tilpums ir:

$$V = a^2c = (4{,}594 \cdot 10^{-10}m)^2(2{,}959 \cdot 10^{-10}m) = 6{,}24 \cdot 10^{-29}m^3 = 6{,}24 \cdot 10^{-23}cm^3$$

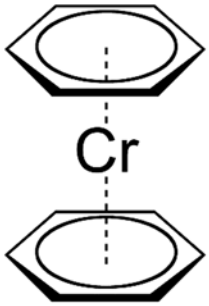
Elementāršūnas blīvums ir vienāds ar:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{V} = \frac{N \cdot M}{V \cdot N_A} = \frac{2 \cdot 79{,}87}{6{,}24 \cdot 10^{-23} \cdot 6{,}022 \cdot 10^{23}} = 4{,}25\ g/cm^3$$

3 punkti

3. uzdevums Apetīti rosinošais uzdevums 15 punkti

Zināms, ka metālu joni šķīdumā veido dažādus kompleksos savienojumus, saistoties ar neorganiskiem vai organiskiem ligandiem. Tomēr daži kompleksie savienojumi ir ne tik tipiski, un viena no šādām klasēm ir metālu kompleksi ar planāriem aromātiskiem ligandiem, ko uzbūves dēļ sauc par sendviča savienojumiem.



Viens no samērā vienkāršiem sendviča savienojumiem ir hroma savienojums ar diviem benzoliem, katrs no kuriem novietots pretējā pusē no hroma, kā parādīts attēlā. Šo savienojumu iegūst divās stadijās – sākotnēji hroma (III) hlorīda reakcijā ar alumīniju un benzolu alumīnija hlorīda klātienē šo kompleksu iegūst ar lādiņu +1, un tā pretjons ir tetrahloraluminmāts. Tālāk šī sāļā reakcijā ar $Na_2S_2O_4$ iegūst neitrālu doto sendviča kompleksu, un šai reakcijā izdalās gāze ar raksturīgu asu smaku, kamēr anjons reakcijā neizmainās.

1. Kāda ir hroma oksidēšanās pakāpe šai komleksā, kad a) tas ir jons ar lādiņu +1, un b) kad tas ir neitrāls savienojums.

Benzols ir neitrāla molekula, un to jonizēt ir ļoti grūti (lai neteiktu neiespējami), tādēļ Cr lādiņš vienāds ar kopējo kompleksā jona lādiņu
a) $\mathbf{Cr^+}$ b) $\mathbf{Cr^0}$ *1 punkts*

2. Uzrakstiet aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus.

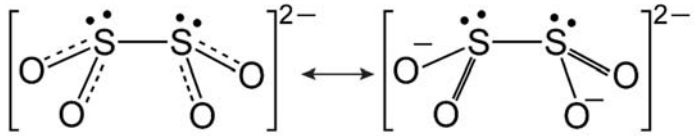
$3CrCl_3 + 2Al + 6C_6H_6 + AlCl_3 \rightarrow 3[Cr(C_6H_6)_2]AlCl_4$
$2[Cr(C_6H_6)_2]AlCl_4 + Na_2S_2O_4 \rightarrow 2[Cr(C_6H_6)_2] + 2SO_2 + 2NaAlCl_4$ *3 punkti*

3. Izmantojot uzzīmēto sendviča kompleksa struktūru, paskaidrojiet, kāda ķīmiskā saite saista hromu ar benzolu?

Ņemot vērā attēlojumu, hroms saistās ar benzola gredzena konjugētās sistēmas π elektroniem, visticamāk pēc donora-akceptora mehānisma. *1 punkts*

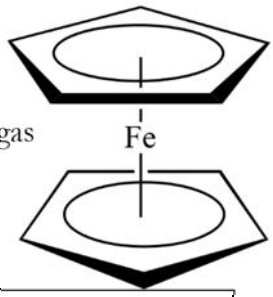
4. Zinot, ka abi sēra atomi $Na_2S_2O_4$ ir identiski, nosakiet sēra oksidēšanās pakāpi un uzzīmējiet anjona $S_2O_4^{2-}$ Luisa struktūrformulu.

Ja abi S atomi ir identiski, abi tie būs ekvivalenti "centrālie" atomi, un 4 O atbildīs pa 2, kas saistīti ar S ar 1 saiti, un pa 2, kas saistīti ar dubultsaiti. Tātad oksidēšanās pakāpe būs **+3**, un struktūra:



2 punkti

Šķiet populārākais sendviča kompleksu pārstāvis ir ferrocēns, kas ir dzelzs komplekss ar 2 ciklopentadienil gredzeniem $C_5H_5^-$. Vienkārša ferrocēna iegūšanas metodēm ir kāda cita dzelzs kompleksā savienojuma **X** reakcija ar 2 ekvivalentiem ciklopentadiēna C_5H_6. Šai reakcijā rodas ferrocēns, izdalās pieci ekvivalenti kādas indīgas gāzveida vielas **Y**, un rodas ūdeņradis. **Y** blīvums pret ūdeņradi ir 14.



5. Uzrakstīt gāzes **Y** un kompleksā savienojuma **X** formulu!

Aprēķinam Y molmasu: $M(Y) = d \cdot M(H_2) = 14 \cdot 2 = 28$

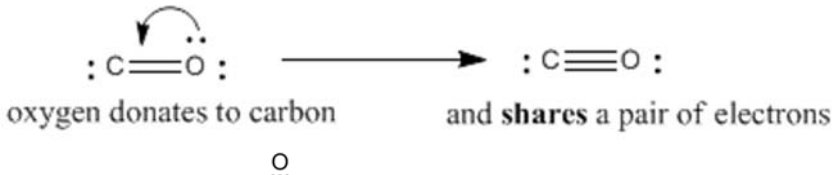
Šai molmasai atbilst N_2, CO un C_2H_4, no kuriem tikai **CO** varētu klasificēt kā indīgu. *1 punkts*

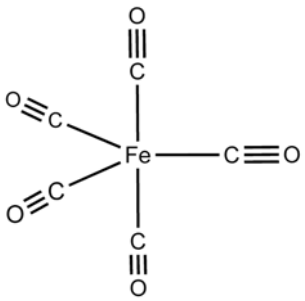
6. Kāda ir dzelzs oksidēšanās pakāpe ferrocēnā, un kāda kompleksā **X**?

Ferrocēnā ligandi ir monoanjoni, tādēļ Fe lādiņš ir **+2**,
kamēr **X** ligandi ir neitrālas molekulas, un Fe lādiņš ir **0**. *1 punkts*

7. Uzzīmējiet kompleksa **X** struktūru, uzskatāmi attēlojot a) tā ģeometrisko formu un b) liganda saistību ar dzelzi.

Tā kā tas ir Fe komplekss ar 5 ekvivalnetiem ligandiem, tā uzbūve būs trigonāla bipiramīda.
Co Luisa struktūra ir dota zemāk, bet par spīti atomu elektronegativitātēm tieši nedalītais elektronu pāris pie CO ir tas, kas veido saiti ar Fe kompleksā **X**.





2 punkti

8. Uzskatāmi attēlojiet kāds telpiski izskatīsies ciklopentadienil gredzens $C_5H_5^-$ un kāds - ciklopentadiēns C_5H_6, skaidri parādot arī ūdeņražu novietojumu! Vai kāds no šiem savienojumiem a) veido konjugētu elektronu sistēmu, un b) ir aromātisks.

Ciklopentadienil gredzenā $C_5H_5^-$ visi H atomi un C atomi atradīsies planāri 1 plaknē, un tā kā uz C atoma, kas neveido dubultsaites ir nedalītais elektronu pāris, tad veidosies konjugēta π elektronu sistēma.

Ciklopentadiēnā visi C atomi būs vienā plaknē, bet CH_2 H atomi pie būs novietot uz leju un augšu no šīs plaknes. Šai molekulā nebūs konjugētas elektronu sistēmas.

Tā kā ciklopentadienilanjonā ir 6 π elektroni, tas būs aromātisks. *2 punkti*

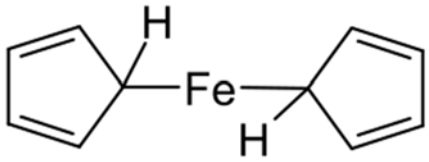
9. Uzrakstīt ferrocēna iegūšanas ķīmiskās reakcijas vienādojumu.

$Fe(CO)_5 + 2C_5H_6 \rightarrow [Fe(C_5H_5)_2] + 5CO + H_2$ *1 punkts*

Sākotnēji 1951. gadā, kad vēl nebija zināma sendviča savienojumu eksistence, ferrocēna struktūra tika zīmēta nekorekti – kā parastam kovalenti saistītam reakcijas produktam.

10. Uzzīmējiet šo nepareizo struktūru!

Nepareizā struktūra atbildīs ķīmiskās saites veidošanai starp Fe un C atomu ar nedalīto elektronu pāri.



1 punkts

4. uzdevums Magnusa zaļais sāls 22 punkti

Savienojums **A**, Magnusa zaļais sāls, ir kāda metāla **X** veidots tumsi zaļš savienojums, kura struktūra ir veidota no **X** atomu ķēdēm, tādejādi iegūstot faktiski polimērveida savienojumu. Plašāk zināms ir savienojums **B**, kura empīriskā formula, kā arī vairākas ķīmiskās uzbūves iezīmes ir identiskas ar savienojumu **A**, bet **B** ir dzeltens molekulārs savienojums.

Abus šos savienojumus var iegūt no **C** - viena no **X** hlorīdiem, ko iegūst citādi visai inertā metāla reakcijā ar hloru pārākumā. Zināms, ka savienojumā **C** metāla **X** masas daļa ir 57,91%. **C** reakcijā ar koncentrētu kālija hlorīda šķīdumu sildot iegūst **D**, kas sastāv no kompleksa anjona, un kur katjonam atbilstošā elementa masas daļa ir 16,09 %. Reducējot **D** ar sēra (IV) oksīdu ūdens šķīdumā iegūst **E**, kurā ir mainījusies tikai elementu attiecība, un tajā katjonam atbilstošā elementa masas daļa ir 18,84 %. Pie **E** ūdens šķīduma pievienojot amonjaku, iegūst **A** nogulsnes. Zināms, ka **A** sastāv gan no kompleksa anjona, gan katjona. Ja pie **A** pievieno amonjaku pārākumā, iegūst citu nešķīstošu kompleksu savienojumu **F**, kurā no **A** ir palicis tikai katjons, savukārt anjons ir hlorīds.

Zināms, ka **F** var iegūt arī otra metāla **X** hlorīda **G** reakcijā ar amonjaka šķīdumu (**G** metāla **X** masas daļa ir 73,34%), turklāt **F** reakcija ar **E** ir vienkārša apmaiņas reakcijā, kurā veidojas **A**.

Arī **B** iegūst no **E**, taču iegūšanas process ietver vairākas stadijas, jo produkts ir stereoizmērs. Sākotnēji **E** reakcijā ar kālija jodīdu pārākumā veic halogēna nomaiņu, iegūstot **H**, kam tālāk pievieno 2 ekvivalentus amonjaka, stereoselektīvi kompleksajā jonā veicot divu *cis*-novietotu ligandu nomaiņu iegūstot **I**. **I** pievienojot 2 ekvivalentus sudraba (I) nitrāta šķīdumu panāk daļēju ligandu nomaiņu, nonākot pie **J**, kura reakcijā ar kālija hlorīdu pārākumā atkal panāk daļēju ligandu nomaiņu, iegūstot **B**.

1. Uzrakstīt metāla **X** un **A** – **J** ķīmiskās formulas.

X masas daļa hlorīdā XCl_a ir:

$$w_X = \frac{A_X}{A_X + 35{,}5\,a}$$

$$w_X A_X + w_x 35{,}5a = A_X$$

Varam izteikt no vienādojuma A_X:

$$A_X = \frac{35{,}5 a w_x}{(1 - w_X)} = \frac{35{,}5 \cdot a \cdot 0{,}5791}{0{,}4209}$$

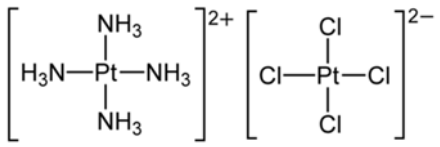
Vienīgais uzdevuma nosacījumiem atbilstošais elements (kas nav radioaktīvs) ir **Pt** (A_X=195,3 g/mol)
Tātad:
X = Pt (*2 punkti*) C = $PtCl_4$ (*1 punkts*)
$PtCl_4$ reakcijā ar KCl (atkarībā no Pt koordinācijas) var iegūt $K_2[PtCl_6]$. Varam pārliecināties, ka tajā katjona masas daļa ir $w_K = \frac{2 \cdot 39,1}{2 \cdot 39,1 + 195,1 + 6 \cdot 35,5} = 16,1\%$
Reducējot šo savienojumu, samazināsies Pt oksidēšanās pakāpe (uz +2), un iegūsim $K_2[PtCl_4]$. Varam pārliecināties, ka tajā $w_K = \frac{2 \cdot 39,1}{2 \cdot 39,1 + 195,1 + 4 \cdot 35,5} = 18,8\%$. Tātad:
D = $K_2[PtCl_6]$ (*1 punkts*) E = $K_2[PtCl_4]$ (*1 punkts*)
Kompleksais anjons mums jau ir, un komplekso katjonu vaidot var arī tikai Pt, turklāt Pt +2 koordinācijas skaitlis ir 4, tālab:
A = $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$ (*1 punkts*)
Pievienojot pie A NH_3 pārākumā, viss Pt pārvēršas kompleksajā katjonā, kā anjons paliek Cl (no izjukušā anjona):
F = $[Pt(NH_3)_4]Cl_2$ (*1 punkts*)
Varam aprēķināt, ka otra Pt hlorīda formulā *a* būs:
$w_{Pt} = \frac{A_{Pt}}{A_{Pt} + 35,5\,a}$ $w_{Pt}A_{Pt} + w_{Pt}35,5a = A_{Pt}$ $a = \frac{A_{Pt}(1 - w_{Pt})}{35,5 w_{Pt}} = 2$
G = $PtCl_2$ (*1 punkts*)
Sekojot informācijai par ķīmisko pārvērtību stehiometriju, nosakām, ka:
H = $K_2[PtI_4]$ (*0,5 punkti*) I = $[Pt(NH_3)_2I_2]$ (*0,5 punkti*)
J = $[Pt(NH_3)_2(H_2O)_2](NO_3)_2$ (*1 punkts*)
Tātad B = $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$, kura empīriskā formula patiesi ir identiska $[Pt(NH_3)_4][PtCl_4]$.
(*1 punkts*)

2. Uzrakstīt visu aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus!

$Pt + 2Cl_2 \rightarrow PtCl_4$	(*0,5 punkti*)
$PtCl_4 + 2KCl \rightarrow K_2[PtCl_6]$	(*0,5 punkti*)
$K_2[PtCl_6] + SO_2 + 2H_2O \rightarrow K_2[PtCl_4] + H_2SO_4 + 2HCl$	(*1 punkts*)
$2K_2[PtCl_4] + 4NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_4][PtCl_4] + 4KCl$	(*1 punkts*)
$[Pt(NH_3)_4][PtCl_4] + 4NH_3 \rightarrow 2[Pt(NH_3)_4]Cl_2$	(*1 punkts*)
$PtCl_2 + 4NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_4]Cl_2$	(*0,5 punkti*)
$[Pt(NH_3)_4]Cl_2 + K_2[PtCl_4] \rightarrow [Pt(NH_3)_4][PtCl_4] + 2KCl$	(*0,5 punkti*)
$K_2[PtCl_4] + 4KI \rightarrow K_2[PtI_4] + 4KCl$	(*0,5 punkti*)
$K_2[PtI_4] + 2NH_3 \rightarrow [Pt(NH_3)_2I_2] + 2KI$	(*0,5 punkti*)
$[Pt(NH_3)_2I_2 + 2AgNO_3 + 2H_2O \rightarrow 2AgI + [Pt(NH_3)_2(H_2O)_2](NO_3)_2$	(*1 punkts*)
$[Pt(NH_3)_2(H_2O)_2](NO_3)_2 + 2KCl \rightarrow [Pt(NH_3)_2Cl_2] + 2KNO_3 + 2H_2O$	(*0,5 punkti*)

3. Uzskatāmi attēlojiet ģeometriju kompleksajiem joniem, kas ietilpst savienojumos **E** un **F** (un līdz ar to arī **A**).

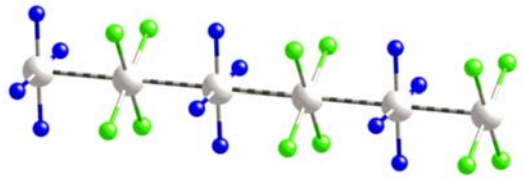
Abi joni būs planāri:



1 punkts

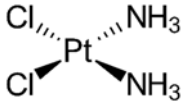
4. Balstoties uz pieejamo informāciju, pēc iespējas precīzāk attēlojiet **A** uzbūvi.

Tā kā abi joni ir planāri, un Pt atomi saistās ķēdē, tas uzbūve būs šāda:



2 punkti

5. Uzskatāmi attēlojiet ģeometriju kompleksajam savienojumam **B**.

Arī šis jons būs planārs, un tas būs *cis* izomērs (saskaņā ar doto) 

0,5 punkti

5. uzdevums *Potenciālu medības* *14 punkti*

Zināms, ka elektroķīmiskās šūnas elektrodzinējspēku (EDS) nosaka starpība starp katoda un anoda reducēšanās potenciālu (E), kuru var aprēķināt, izmantojot Nernsta vienādojumu, ja zināmas oksidētās (*Ox*) un reducētās (*Red*) formas koncentrācija (*pieņemiet, ka aktivitāte = koncentrāciju*) attiecīgajai reducēšanās pusreakcijai:

Ox + z e$^-$ → Red

$$E = E^o - \frac{RT}{zF}\ln\frac{c_{red}}{c_{ox}}$$

Piemēram, aplūkosim pusreakciju starp dzelzs (II) un dzelzs (III) joniem uz neitrāla elektroda (piem., platīna), kurai E^o = 0,771 V.

1. Kāds būs šāda elektroda potenciāls 25 °C, ja 1,00 g dzelzs (II) hlorīda un 2,00 g dzelzs (III) hlorīda heksahidrāta izšķīdina ūdenī, iegūstot 100,0 mL šķīduma?

Aprēķinām dzelzs (II) un dzelzs (III) koncentrāciju iegūtajā šķīdumā:

$n(Fe^{2+}) = n(FeCl_2) = \frac{m}{M} = \frac{1{,}00}{126{,}75} = 0{,}00789\ M$ (*0,5 punkti*)

$n(Fe^{3+}) = n(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{2{,}00}{270{,}32} = 0{,}00740\ M$ (*0,5 punkti*)

Pusreakcija ir $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$

Tagad varam aprēķināt elektroda potenciālu, zinot ka $z = 1$:

$E(Fe) = E^o - \frac{RT}{zF}\ln\frac{c_{red}}{c_{ox}} = 0{,}771 - \frac{8{,}314 \cdot 298{,}15}{1 \cdot 96486}\ln\frac{0{,}00789}{0{,}00740} = 0{,}769\ V$ (*1 punkts*)

2. Par cik izmainās elektroda potenciāls 25 °C, ja a) dzelzs (II) koncentrāciju samazina 10 reizes un b) dzelzs (III) koncentrāciju samazina 10 reizes?

a) Ja dzelzs (II) koncentrāciju samazina 10 reizes, $E = 0{,}829\ V$ un $\Delta E = 0{,}0592\ V$
b) Ja dzelzs (III) koncentrāciju samazina 10 reizes, $E = 0{,}710\ V$ un $\Delta E = 0{,}0592\ V$
c) (*1 punkts*)

Lai iegūtu elektroķīmisko šūnu, šāds elektrods jāsaslēdz ar kādu citu elektrodu. Šūnas EDS būs potenciālu starpība starp abiem elektrodiem:

$$EDS = E_{kat\,(+)} - E_{anod\,(-)}$$

Kur elektroķīmiskajā šūnā **katods** ir **pozitīvais** elektrods, bet **anods** ir **negatīvais** elektrods.

Kā otru elektrodu aplūkosim tādu, kura pusreakcija ir sudraba (I) reducēšanās par sudrabu, kurai E^o = 0,800 V. Šādu elektrodu iegūst, piem., iegremdējot sudraba stienīti sudraba (I) nitrāta šķīdumā.

3. Kāds ir šāda elektroda potenciāls 25 °C, ja sudraba (I) koncentrācija ir 0,0200 mol·L^{-1}? *Piezīme: tīru vielu aktivitāte ir 1.*

Pusreakcija ir $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

$$E(Ag) = E^o - \frac{RT}{zF}\ln\frac{c_{red}}{c_{ox}} = 0{,}800 - \frac{8{,}314\cdot 298{,}15}{1\cdot 96486}\ln\frac{1}{0{,}0200} = 0{,}699\ V$$ (*2 punkti*)

4. Kāds ir elektroķīmiskās šūnas potenciāls 25 °C, ja to veido no abiem aplūkotajiem elektrodiem? *Piezīme: pozitīvais elektrods ir elektrods ar lielāko potenciālu.*

$$EDS = E_{kat\,(+)} - E_{anod\,(-)} = 0{,}769 - 0{,}699 = 0{,}070\ V$$ (*1 punkts*)

5. Kāds ir sudraba elektroda potenciāls 25 °C, kad sudraba (I) koncentrācija sasniedz maksimālo iespējamo vērtību, ja to pagatavo no sudraba (I) nitrāta, ja tā šķīdība 25 C ir 256 g/100 g ūdens, un iegūtā piesātinātā šķīduma blīvums ir 2,05 g·mL^{-1}. *Ignorējiet to, ka šādos apstākļos Nernsta vienādojumā vairs nav korekti lietot koncentrāciju!*

Aprēķināsim sudraba (I) jonu koncentrāciju šajā šķīdumā:

Ja šķīdumu iegūst šķīdinot 256 g $AgNO_3$ 100 g ūdens, šķīduma masa ir 356 g, un tilpums $V = \frac{m}{\rho} = \frac{356}{2{,}05} = 173{,}7\ mL$

Izšķīdušā sudraba (I) nitrāta daudzums būs vienāds ar sudraba jonu daudzumu:

$$n(Ag^+) = n(AgNO_3) = \frac{m}{M} = \frac{256}{169{,}9} = 1{,}507\ mol$$

Un koncentrācija būs:

$$C(Ag^+) = \frac{n(Ag^+)}{V} = \frac{1{,}507}{0{,}1737} = 8{,}68\ M$$

$$E(Ag) = E^o - \frac{RT}{zF}\ln\frac{c_{red}}{c_{ox}} = 0{,}800 - \frac{8{,}314\cdot 298{,}15}{1\cdot 96486}\ln\frac{1}{8{,}68} = 0{,}856\ V$$

(*3 punkti*)

Elektrodu potenciālu var stipri izmainīt, ja panāk ļoti mazas, bet stabilas un precīzas jonu koncentrācijas. To ir iespējams paveikt, jonus iesaistot ķīmiskajā līdzsvarā, piem., kompleksveidošanās līdzsvarā vai mazšķīstoša savienojuma līdzsvarā.

Līdz ar to sudraba (I) nitrātu var aizstāt ar sudraba (I) hlorīdu šķīdumā, kurā tiek nodrošināta precīzā pretjonu (t.i. – hlorīdu) koncentrācija. Sudraba (I) hlorīda šķīdības līdzsvaru apraksta vienādojums $K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$, un, iestājoties līdzsvaram, šis vienādojums jebkuros apstākļos būs spēkā. 25 °C temperatūrā līdzsvara konstante $K_{sp} = 1{,}77\cdot 10^{-10}$.

6. Aprēķiniet sudraba (I) jonu koncentrāciju (mol L^{-1}) piesātinātā NaCl šķīdumā, ja pieņem, ka nenotiek blakusreakcijas, un šādos apstākļos Cl^- jonu koncentrācija ir vienāda ar NaCl koncentrāciju! Zināms, ka 25 °C NaCl šķīdība 100 g H_2O ir 36,0 g, un pies. NaCl šķīduma blīvums ir 1,20 g mL^{-1}.

Izšķīdinot 100 g H_2O 36,0 g NaCl, iegūstam 136,0 g šķīduma, kurā NaCl daudzums ir:

$$n_{NaCl} = \frac{m}{M} = \frac{36{,}0}{58{,}44} = 0{,}616\ mol$$

Šī šķīduma tilpums ir $V = \frac{m}{\rho} = \frac{136{,}0}{1{,}20} = 113\ mL = 0{,}113\ L$, un līdz ar to koncentrācija ir:

$$C_{NaCl} = \frac{n}{V} = \frac{0{,}616}{0{,}113} = 5{,}45\ M$$

Tā kā šādos apstākļos hlorīdu koncentrāciju nosaka NaCl koncentrācija, un sudraba jonu koncentrācija būs:

$$[Ag^+] = \frac{K_{sp}}{[Cl^-]} = \frac{1{,}77\cdot 10^{-10}}{5{,}45} = \mathbf{3{,}25\cdot 10^{-11}\ M}$$ (*3 punkti*)

7. Aprēķiniet sudraba elektroda potenciālu 25 °C, ja tā pagatavošanā izmanto sudraba hlorīdu un piesātinātu nātrija hlorīda šķīdumu!

$$E(Ag) = E^o - \frac{RT}{zF}\ln\frac{c_{red}}{c_{ox}} = 0{,}800 - \frac{8{,}314\cdot 298{,}15}{1\cdot 96486}\ln\frac{1}{3{,}25\cdot 10^{-11}} = 0{,}180\ V$$ (*1 punkts*)

8. Kāds ir elektroķīmiskās šūnas potenciāls 25 °C, ja to veido no iepriekš aprakstītā $Pt|Fe^{2+},Fe^{3+}$ elektroda un iepriekšējos punktos aprakstītā $Ag|AgCl|NaCl$ elektroda?

$$EDS = E_{kat\,(+)} - E_{anod\,(-)} = 0{,}769 - 0{,}180 = 0{,}589\ V$$ (*1 punkts*)

6. uzdevums Vīna kristāli 19 punkti

Pētertītis pamanīja, ka vecāku iztukšotajā vīna glāzē bija palikušas stikla lauskas. Taču tuvāk apskatot glāzi viņš saprata, ka tie ir caurspīdīgi mazšķīstošas vielas **A** kristāli, kas dabīgi veidojas vīnā un nav kaitīgi. **A** ir kāda sārmu metāla divvērtīgas organiskās karbonskābes skābes monosāls. Zināms, ka 1,00 g kristālu pārākumā pievienojot sālsskābi, tie izšķīst. Savukārt šim šķīdumam pievienojot svina (II) hlorīdu stehiometriskā attiecībā, izveidojās nogulsnes, kuru masa pēc žāvēšanas bija 1,888 g. Zināms, ka šajā reakcijām tiek iegūts sāls, kurā skābes anjona lādiņš ir –2. Atlikušo šķīdumu ietvaicējot iegūst baltas nogulsnes ar masu 0,396 g. Zināms arī, ka neņemot vērā stereoizomēriju, **A** atbilstošā skābe ir simetriska molekula.

1. Aprēķināt, kurš sārmu metāls veido **A**!

Sāk ar 1,00 g A. Atbilstošo divvērtīgo skābi apzīmēsim kā H_2Y, bet tās sārmu metāla sāli kā MHY. Ar to veic šādas pārvērtības:

$MHY + HCl \rightarrow H_2Y + MCl$

$PbCl_2 + H_2Y \rightarrow PbY + 2HCl$

Tātad rodas 1,888 g svina sāls PbY, savukārt pēc ietvaicēšanas iegūst 0,396 g sāls MCl.

Tā kā abas reakcijas notiek stehiometriskā attiecībā 1:1, tad varam sastādīt šādu vienādību:

$$\frac{m(MHY)}{M(MHY)} = \frac{m(PbY)}{M(PbY)} = \frac{m(MCl)}{M(MCl)}$$

Elementu vai jonu atommasas apzīmējot ar to ķīmiskajiem simboliem vai ieviestajiem apzīmējumiem varam uzrakstīt:

$$\frac{1{,}000}{M+H+Y} = \frac{1{,}888}{Pb+Y} = \frac{0{,}396}{M+Cl}$$

$$\frac{1{,}000}{M+1{,}01+Y} = \frac{1{,}888}{207{,}2+Y} = \frac{0{,}396}{M+35{,}45}$$

No šī varam izveidot 2 vienādojumus. Pirmais būtu

$$\frac{1{,}000}{M+1{,}01+Y} = \frac{1{,}888}{207{,}2+Y}$$

Tā kā, ja $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ ir ekvivalents: $\frac{b}{a} = \frac{d}{c}$, varam uzrakstīt, ka:

$$M + 1{,}01 + Y = \frac{207{,}2}{1{,}888} + \frac{Y}{1{,}888}$$

$$M - \frac{Y}{1{,}888} + Y = 109{,}75 - 1{,}01$$

$$M + 0{,}470\,Y = 108{,}74$$

Otrais vienādojums analogi būs:

$$\frac{1{,}000}{M+1{,}01+Y} = \frac{0{,}396}{M+35{,}45}$$

$$M + 1{,}01 + Y = \frac{M}{0{,}396} + \frac{35{,}45}{0{,}396}$$

$$M + Y - \frac{M}{0{,}396} = +89{,}52 - 1{,}01$$

$$Y - 1{,}525\,M = +88{,}51$$

$$Y = 88{,}51 + 1{,}525\,M$$

Ievietojam Y no 2. vienādojuma pirmajā:

$$M + 0{,}470\,(88{,}51 + 1{,}525\,M) = 108{,}74$$

$$M + 41{,}60 + 0{,}717\,M = 108{,}74$$

$$M = \frac{108{,}74 - 51{,}60}{1{,}717} = 39{,}1\ g/mol$$

Tātad M = **K**. (*6 punkti*)

2. Aprēķināt **A** anjona molmasu!

Tā kā $Y = 88{,}51 + 1{,}525\,M = 88{,}51 + 1{,}525 \cdot 39{,}1 = 148{,}14\ g/mol$ (*3 punkti*)

3. Kāda ir **A** anjona molekulformula, ja tas satur tikai oglekli, skābekli un ūdeņradi?

Tā kā A ir dikarbonskābe, anjonā būs 2 COO^- grupas, līdz ar ko atlikušās daļas molmasa būs $148{,}14 - 2 \cdot (12{,}01 + 32{,}00) = 60{,}12\ g/mol$

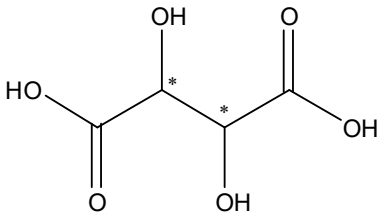
Ja aplūko gadījumu, kad anjona vidus, kas savieno COO^- grupas, satur 4 C atomus, pāri paliek 60,12 – 48,04 = 12,08 g/mol, kas ir par daudz H atomiem, bet par maz O atomam.

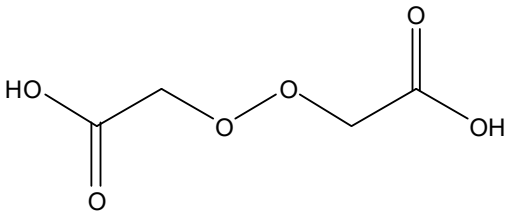
Ja aplūko gadījumu, kad anjona vidus satur 3 C atomus, pāri paliek 60,12 – 36,03 = 24,09 g/mol, un ja noņem 1 O atomu, paliek 8,09 g/mol, kas ir par daudz H atomiem.

Ja aplūko gadījumu, kad anjona vidus satur 2 C atomus, pāri paliek 60,12 – 24,02 = 36,1 g/mol, un ja noņem 2 O atomu, paliek 4,1 g/mol, kas kļūdas robežās atbilst 4 H atomiem. Tātad anjona vidus būs $C_2O_2H_4$, un anjona A molekulformula būs $\mathbf{C_4O_6H_4^{2-}}$. (*3 punkti*)

4. Uzrakstīt **A** formulu!

Varam nonākt pie divām iespējamām simetriskām struktūrām: dihidroksibutāndiskābes (pa kreisi) un peroksidietiķskābes (pa labi)





Tomēr tā kā peroksidietiķskābei nebūs stereoizomēru (turklāt tā ir nestabila un līdz ar to vīnā ilgstoši nevarētu pastāvēt), korektā molekula ir **dihidroksibutāndiskābe** jeb triviāli vīnskābe.

(*2 punkti*)

5. Uzrakstīt aprakstīto ķīmikso reakciju vienādojumus!

$KHC_4O_6H_4 + HCl \rightarrow H_2C_4O_6H_4 + KCl$

$PbCl_2 + H_2C_4O_6H_4 \rightarrow PbC_4O_6H_4 + 2HCl$ (*2 punkti*)

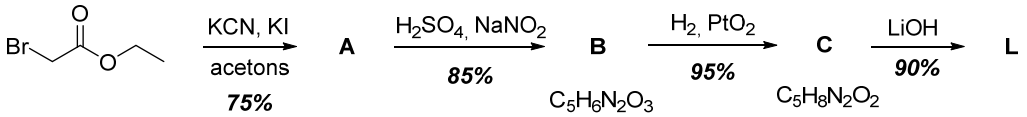
6. Cik hirālos atomus satur **A** monoanjons? Norādīt! Cik dažādi optiskie izomēri ir iespējami **A** monoanjonam, un cik tam atbilstošajai skābei?

Gan monoanjons, gan pati skābe satur pa 2 hirālajiem C atomiem (skatīt attēlā ar *).

Tomēr: monoanjonam būs $2^2 = 4$ optiskie izomēri (RR, SS, RS un SR), kamēr skābei būs par 1 mazāk (jo tā ir simetriska un līdz ar to RS un SR izomēri būs identiski) un tie būs 3: SS-vīnskābe, RR-vīnskābe un SR-mezovīnskābe. (*3 punkti*)

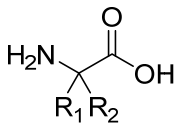
7. uzdevums ***Veltījums simtgadē*** ***17 punkti***

Gudrais ķīmiķis Jāzeps par godu Latvijas valsts simtgadei vēlējās sintezēt kādu aminoskābi **L** ar molmasu 100 g/mol. Jāzeps izvēlējās sintēzi sākt no brometilacetāta pēc zemāk aprakstītās shēmas.



1) Nosaki aminoskābes **L** molekulformulu un uzzīmē struktūru.

Tā kā L ir aminoskābe, var uzrakstīt vispārīgā formā.

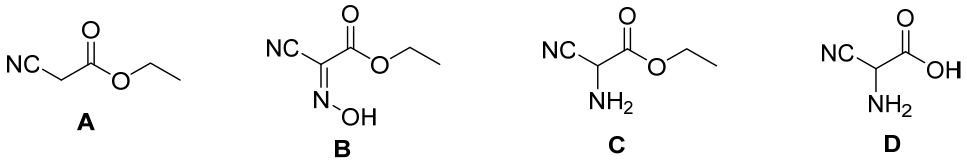


$M(R_1)+M(R_2)=100-M(NH_2C)-M(COOH)=27$ g/mol (1 *punkts*)

Vienīgais derīgais variants R_1 un R_2 = H un CN. (1 *punkts*)

Molekulformula – **$C_3H_4N_2O_2$** (1 *punkts*)

2) Nosaki struktūras **A**-**C**.



(*1+2+1+2 punkti*)

3) Aprēķini kopējo sintēzes iznākumu %.

Iznākums=0.75·0.85·0.95·0.90=**55%** (*1 punkts*)

4) Piedāvā reaģentus un reakcijas apstākļus, kā no etilacetāta vienā solī iegūt izejvielu – brometilacetātu.

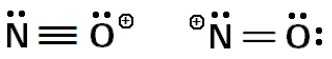
Pieņemamie varianti:

a) Skābe vai bāze + Br2
b) HOBr + skābe
c) NBS, piridīnija tribromīds vai cits bromēšanas reaģents (*2 punkti*)

Ja ir tikai Br_2 (*1 punkts*)

5) Solī **A** → **B** sērskābe un nātrija nitrīts izveido reaģētspējīgu elektrofilu jonu **X**. Uzzīmēt jona **X** Luisa struktūru, parādot nedalītos elektronu pārus.

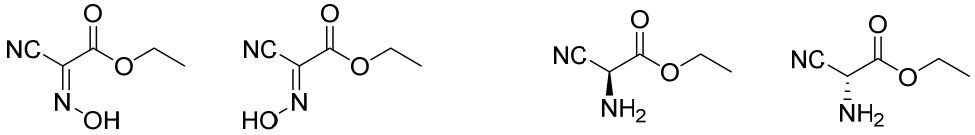
Der jebkura no rezonanses formām.



1 **2** (*2 punkti*)

6) Norādi, kuros soļos veidosies izomēri un norādi, kāda veida izomēri tie ir.

Izomēri veidosies soļos B un C. Oksīmam ir dubultsaites izomērija (cis/trans izomēri) un reducējot oksīmu veidojas hirāls centrs, līdz ar to stereoizomēri (enantiomēri).



(2·0.5+1+1 *punkti*)