

8.3.2.1/16/I/002

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO
TALANTU ATTĪSTĪBAI

ĶĪMIJAS 63. OLIMPIĀDES
VALSTS POSMA TEORĒTISKĀS KĀRTAS UZDEVUMI
UN ATBILŽU LAPAS 9. KLASEI

Skolēna vārds, uzvārds, skola:.....

Visos aprēķinos jāizmanto ķīmisko elementu molmasas, kas noapaļotas līdz veseliem skaitļiem, izņemot hloru, kura molmasa jānoapaļo līdz vienam ciparam aiz komata. Uzdevumu risinājumi un atbildes jāieraksta tiem paredzētajos laukumos. Melnrakstu lapas netiek vērtētas.

1. uzdevums. Ķīmisko elementu periodiskās tabulas labirinti (5 punkti)

Ja atomi zaudē vienu vai vairākus elektronus, veidojas katjoni. Ja atomi pievieno vienu vai vairākus elektronus, rodas anjoni. Savienojoties katjoniem ar anjoniem rodas sāļi.

Uzraksti ķīmiskās formulas diviem sāļiem, kuros gan katjons, gan anjons satur 18 elektronus, pie kam neviens ķīmiskais elements neatkārtojas divas reizes! (2 punkti)

Iespējamās vairākas pareizas atbildes, piem., KCl un CaS; CaCl₂ un K₂S; ScCl₃ un CaS u.c.

Uzraksti divu ķīmisko elementu simbolus, kuriem elektronu skaits atoma kodola elektronapvalkā ārējā enerģētiskajā līmenī ir vienāds gan ar grupas numuru Periodiskās tabulas garajā variantā (18 grupas), gan ar perioda numuru, kurā tie atrodas! (2 punkti)

H, Be, Ti, Nb, W

Nemetāliskā elementa augstākā oksīda formula vispārīgā veidā ir E₂O₅.

Uzraksti vispārīgā veidā formulu savienojumam, kuru šis nemetāls veidos ar ūdeņradi! (1 punkts)

EH₃

2. uzdevums. Joda Karalistes noslēpumi (21 punkts)

Aiz trejdeviņiem kalniem un trejdeviņām jūrām atradās noslēpumainā Joda Karaliste. Tajā valdīja triumvirāts – Jodūdeņražskābe, Jodskābe un Ortoperjodskābe. Jodskābe ir vienvērtīga skābekli saturoša skābe un tās molmasa ir 176 g/mol.

Izmantojot aprēķinus, nosaki jodskābes ķīmisko formulu! (Aprēķini – 2 punkti, pareiza formula – 1 punkts)

Visticamāk, ka jodskābes molekula satur vienu ūdeņraža atomu, vienu joda atomu un vairākus skābekļa atomus. Tad tās formulu būs HIO_x , bet tās molmasa būs:

$$M(\text{HIO}_x) = 1 + 127 + 16x = 128 + 16x \quad \text{g/mol}$$

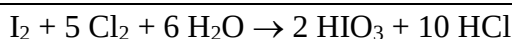
$$128 + 16x = 176$$

Atrisinot vienādojumu, iegūst, ka $x = 3$.

Jodskābes formula ir **HIO_3**

Jodskābe rodas, ja ūdenī šķīdina hloru kopā ar jodu, abi reakcijas produkti ir skābes.

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (2 punkti)



Ortoperjodskābe ir piecvērtīga skābekli saturoša skābe. Ūdeņraža masas daļa tajā ir 2,193%.

Izmantojot aprēķinus, nosaki ortoperjodskābes ķīmisko formulu! (Aprēķini – 2 punkti, pareiza formula – 1 punkts)

Visticamāk, ka ortoperjodskābes molekula satur piecus ūdeņraža atomus, vienu joda atomu un vairākus skābekļa atomus. Tās formulu vispārīgā veidā var izteikt kā H_5IO_x .

Ūdeņraža masas daļa ortoperjodskābē ir:

$$w(\text{H}) = \frac{5 \cdot M(\text{H})}{5 \cdot M(\text{H}) + M(\text{I}) + x \cdot M(\text{O})} = \frac{5}{5 + 127 + 16x} = \frac{5}{132 + 16x}$$

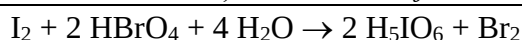
$$\frac{5}{132 + 16x} = 0,02193$$

Atrisinot vienādojumu, iegūst, ka $x = 6$

Ortoperjodskābes formula ir **H_5IO_6** .

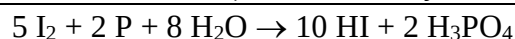
Ortoperjodskābe rodas, oksidējot jodu ar koncentrētu HBrO_4 šķīdumu, otrs reakcijas produkts ir vienkārša viela.

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (2 punkti)



Savukārt HI rodas 150 – 200 °C temperatūrā reakcijā starp sarkano fosforu, jodu un ūdeni. Otrs reakcijas produkts ir skābe.

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (2 punkti)



Viens no pazīstamākajiem Joda Karalistes pārstāvjiem ir švītīgais Kālija Jodīds – vienmēr elegants un tīrs.

No piemaisījumiem kālija jodīdu var attīrīt, to pārkristalizējot. 90 °C 100 gramos ūdens šķīst 200 g kālija jodīda, bet 10 °C tā šķīdība ūdenī ir 136 g KI 100 gramos ūdens.

Kādā eksperimentā 90 °C temperatūrā 125 g KI izšķīdināja 75 gramos ūdens.

Aprēķini kālija jodīda masas daļu iegūtajā šķīdumā 90 °C! (1 punkts)

$$w(\text{KI}) = 125/(75 + 125) = 0,625 \text{ jeb } 62,5\%$$

Aprēķini, cik g KI izkristalizēsies, atdzesējot iegūto šķīdumu līdz 10 °C! (2 punkti)

10 °C 75 gramos ūdens šķīst $136 \cdot 75/100 = 102$ g kālija jodīda.
Izkristalizējās $125 - 102 = 23$ g kālija jodīda.

Aprēķini kālija jodīda masas daļu iegūtajā šķīdumā 10 °C! (1 punkts)

$$w(\text{KI}) = 136/(136 + 100) = 0,5763 \text{ jeb } 57,6 \%$$

vai arī $w(\text{KI}) = 102/(102 + 75) = 0,5763 \text{ jeb } 57,6 \%$

Noslēpumainākie Karalistes pavalstnieki ir Joda Halogenīdi. Jods veido bināros savienojumus ar citiem halogēniem, kuru vispārīgās formulas ir IX_n , kur ar X apzīmēts halogēns, kura elektronegativitāte ir lielāka nekā joda elektronegativitāte. Indeksam n var būt četras dažādas vērtības: 1, 3, 5 un 7. Ar $n=1$ zināmi visi iespējamie savienojumi. Šobrīd ir zināma tikai daļa no iespējamajiem savienojumiem, kuros $n > 1$.

Kāds no joda binārajiem savienojumiem ar citiem halogēniem satur 48,85% jodu.

Izmantojot aprēķinus, nosaki šī savienojuma ķīmisko formulu! (Aprēķini – 2 punkti, pareiza formula – 1 punkts)

Apzīmēsim savienojuma formulu ar IX_n .

$$M(\text{IX}_n) = M(\text{I})/w(\text{I}) = 127/0,4885 = 260 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{X}) = (260 - 127)/n = 133/n$$

Vienīgais atrisinājums, kuram ir arī ķīmiska jēga ir, ja $n = 7$, tad $M(\text{X}) = 19$, kas atbilst fluora molmasai.

Savienojuma formula ir **IF₇**.

Joda(I) hlorīds ICl veido tumši sarkanus kristālus, kas kūst 27 °C. Joda(I) hlorīds reaģē ar karstu ūdeni, reakcijā rodas jodskābe, kāda cita skābe un viena vienkārša viela.

Uzraksti šīs ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (2 punkti)



3. uzdevums. Noslēpumainā lāde (12 punkti)

Par Normunda vecvectēvu ļaudis runāja dažādi – vieni teica, ka viņš visu pratis pārvērst zeltā. Citi teica, ka viņš labi gleznojis un bijis arī kārtīgs joku plēsējs. Bet visi zināja teikt, ka viņš kaut kur esot paslēpis lādi ar dārgumiem. Kādā dienā Normunds vistālākajā bēniņu stūrī atrada vecu lādi ar daudzām interesantām lietām, to starpā bija arī trauks ar senlaicīgu uzrakstu *Auripigments*, kurā atradās tumši dzeltenī kristāli ar nelielu citronkrāsas nokrāsu. Lai pārliecinātos, vai tur tiešām atrodas zelta pigments, Normunds sāka to pētīt.

Karsējot vielas paraugu gaisā līdz 500 °C, tas sadega. Atdzesējot iegūtos reakcijas produktus līdz istabas temperatūrai, Normunds ieguva divus binārus savienojumus – baltu kristālisku pulverveida vielu un gāzi. Iegūtās gāzes relatīvais blīvums pret argonu bija 1,6.

Izmantojot aprēķinus, nosaki iegūtās gāzes ķīmisko formulu! (Aprēķini – 2 punkti, pareiza formula – 1 punkts)

Visticamāk, ka abi binārie savienojumi būs oksīdi.

$$M(\text{gāze}) = 40 \cdot 1,6 = \mathbf{64 \text{ g/mol}}$$

Apzīmēsim nezināmo elementu ar A, bet tā molmasu ar M(A). Ja nezināmā elementa oksidēšanas pakāpe ir +1, tad oksīda formula būs A_2O , bet nezināmā elementa molmasa

$M(A) = (64 - 16)/2 = 24 \text{ g/mol}$. Tas atbilst magnija molmasai, taču magnijs šādu savienojumu neveido.

Ja nezināmā elementa oksidēšanas pakāpe ir +2, tad oksīda formula būs AO , bet nezināmā elementa molmasa $M(A) = 64 - 16 = 48 \text{ g/mol}$. Tas atbilst titāna molmasai, taču titāns gāzveida oksīdus neveido.

Ja nezināmā elementa oksidēšanas pakāpe ir +3, tad oksīda formula būs A_2O_3 , bet nezināmā elementa molmasa $M(A) = (64 - 3 \cdot 16)/2 = 8 \text{ g/mol}$. Ķīmiskā elementa ar šādu molmasu nav.

Ja nezināmā elementa oksidēšanas pakāpe ir +4, tad oksīda formula būs AO_2 , bet nezināmā elementa molmasa $M(A) = (64 - 2 \cdot 16) = 32 \text{ g/mol}$. Tas atbilst sēra molmasai, sērs veido oksīdu SO_2 , kas istabas temperatūrā ir gāze.

Iegūtā baltā pulverveida viela saturēja 24,24 % skābekli.

Izmantojot aprēķinus, nosaki šīs vielas ķīmisko formulu! (Aprēķini – 2 punkti, pareiza formula – 1 punkts)

Atkal apzīmēsim nezināmo elementu ar A, bet tā molmasu ar M(A). Oksīda formula vispārīgā veidā būs A_2O_x , kur ar x ir apzīmēta nezināmā elementa oksidēšanas pakāpe.

Skābekļa masas daļa šajā oksīdā ir: $w(O) = 16 \cdot x / (2 \cdot M(A) + 16 \cdot x) = 0,2424$

Atrisinot šo vienādojumu iegūst, ka:

$$M(A) = 25 \cdot x$$

Ja $x = 1$, tad $M(A) = 25$, ķīmiskā elementa ar šādu molmasu nav.

Ja $x = 2$, tad $M(A) = 50$, ķīmiskā elementa ar šādu molmasu nav.

Ja $x = 3$, tad $M(A) = 75$, kas atbilst ķīmiskā elementa arsēna molmasai. Arsēnam tiešām ir raksturīgi savienojumi ar oksidēšanas pakāpi +3.

Baltā pulverveida viela ir As_2O_3 .

Nosaki auripigmenta ķīmisko formulu, zinot, ka auripigmenta sadegšanas reakcijā oksidēšanas pakāpi maina divi ķīmiskie elementi!

(Formulas pamatojums - 1 punkts, pareiza formula – 1 punkts)

Auripigments satur divus ķīmiskos elementus – arsēnu un sēru, tātad tas ir kāds no arsēna sulfīdiem. Notikušajā reakcijā oksidēšanas pakāpi noteikti maina ķīmiskie elementi skābeklis un sērs, tātad arsēna oksidēšanas pakāpe nav mainījies un abos savienojumos tā ir +3. Auripigmenta ķīmiskā formula ir As_2S_3 .

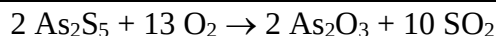
Lādē atradās arī otrs trauks ar spilgti dzeltenu vielu, taču šim traukam nekāda uzraksta nebija. Normunds noskaidroja, ka, karsējot gaisā šo spilgti dzeltenu vielu, rodas abi tie paši reakcijas produkti, kas iepriekšējā eksperimentā. No 7,75 g spilgti dzeltenās vielas Normunds ieguva 4,95 g balto pulverveida vielu.

Izmantojot aprēķinus, nosaki spilgti dzeltenās vielas ķīmisko formulu! (Aprēķini – 2 punkti, pareiza formula – 1 punkts)

$$4,95 \text{ g arsēna(III) oksīda satur } 4,95 \cdot (1 - 0,2424) = 3,75 \text{ g arsēnu.}$$

Sēra masa dzeltenajā savienojumā ir $7,75 - 3,75 = 4,00$ g
 $n(\text{As}) : n(\text{S}) = 3,75/75 : 4,00/32 = 0,05 : 0,125 = 1,00 : 2,50 = 2 : 5$
Spilgti dzeltenā savienojuma formula ir As_2S_5

Uzraksti spilgti dzeltenās vielas sadegšanas reakcijas vienādojumu! (1 punkts)



4. uzdevums. Normunds – lauksaimnieks (8 punkti)

Normunds zināja, ka augu attīstībai ļoti svarīgi ir ķīmiskie elementi slāpeklis, kālijs un fosfors, tāpēc nolēma pagatavot minerālmēslu maisījumu no kālija fosfāta un amonija nitrāta.

Amonija nitrāta vietā viņš nejauši paņēma kālija hlorīdu, tā iegūstot kālija fosfāta un kālija hlorīda maisījumu.

Lai noteiktu ķīmisko elementu kālija un fosfora masas daļas pagatavotajā maisījumā, Normunds 14,21 g šī maisījuma izšķīdināja ūdenī un iegūtajam šķīdumam pievienoja sudraba nitrāta šķīdumu pārākumā. Izkritušo nogulšņu masa pēc filtrēšanas un žāvēšanas bija 28,01 g.

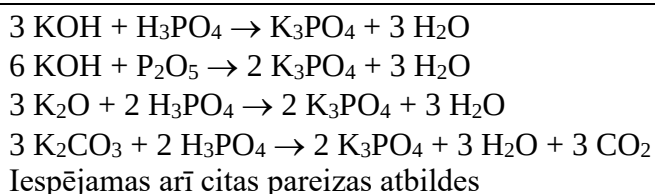
Aprēķini kālija hlorīda un kālija fosfāta masas daļas šajā maisījumā! (4 punkti)

$\text{KCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$
 $\text{K}_3\text{PO}_4 + 3 \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow + 3 \text{KNO}_3$
Pieņemsim, ka maisījums satur x molus KCl un y molus K_3PO_4 .
Tādā gadījumā maisījuma masa būs: $74,5x + 212y = 14,21$ g
Izkritušo nogulšņu masa būs: $143,5x + 419y = 28,01$ g
Atrisinot šo vienādojumu sistēmu, iegūst, ka $x = 0,02$ mol un $y = 0,06$ mol.
 $m(\text{KCl}) = 0,02 \cdot 74,5 = 1,49$ g
 $m(\text{K}_3\text{PO}_4) = 0,06 \cdot 212 = 12,72$ g
 $w(\text{KCl}) = 1,49/14,21 = 0,1049$ jeb 10,49 %
 $w(\text{K}_3\text{PO}_4) = 0,8951$ jeb 89,51 %

Aprēķini ķīmisko elementu kālija un fosfora masas daļas šajā maisījumā! (2 punkti)

Kālija masas daļa kālija hlorīdā ir: $39/74,5 = 0,5235$
Kālija masas daļa kālija fosfātā ir: $39 \cdot 3/212 = 0,5519$
Fosfora masas daļa kālija fosfātā ir: $31/212 = 0,1462$
Fosfora masas daļa maisījumā ir: $0,1462 \cdot 0,8951 = 0,1309$ jeb **13,09 %**
Kālija masas daļa maisījumā ir: $0,5235 \cdot 0,1049 + 0,5519 \cdot 0,8951 = 0,5489$ jeb **54,89 %**

Uzraksti četrus dažādus ķīmisko reakciju vienādojumus kālija fosfāta ieguvei! (2 punkti)



5. uzdevums. Oksīdu planēta (24 punkti)

Ķīmiskais elements skābeklis veido bināros savienojumus ar gandrīz visiem ķīmiskajiem elementiem. Ja skābekļa oksidēšanas pakāpe tajos ir -2, tad tos sauc par oksīdiem.

Ieraksti tā oksīda formulu, kurā skābekļa masas daļa ir vislielākā no visiem zināmajiem oksīdiem, un aprēķini skābekļa masas daļu tajā! (1 punkts)



$$w(\text{O}) = 16/18 = 0,8889 \text{ jeb } 88,89 \%$$

Daudzi oksīdi istabas temperatūrā ir gāzes.

Ieraksti oksīda formulu, kura relatīvais blīvums pret slāpekli ir 1! (2 punkti)

Šī oksīda molmasa ir $28 \cdot 1 = 28 \text{ g/mol}$

Tas var saturēt tikai vienu skābekļa atomu, tātad otrā ķīmiskā elementa molmasa ir $28 - 16 = 12 \text{ g/mol}$. Tas atbilst oglekļa molmasai, tātad šī oksīda formula ir CO.

Tehnēcija augstākais oksīds ir skābais oksīds, tā reakcijā ar ūdeni rodas pertehnēcijkābe. Pertehnēcijkābe ir vienvērtīga skābe.

Uzraksti reakcijas vienādojumu pertehnēcijkābes veidošanās procesam no šī tehnēcija oksīda un ūdens! (2 punkti)

Tehnēcija augstākā oksidēšanas pakāpe ir +7, tātad šī oksīda formula būs Tc_2O_7 .

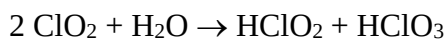
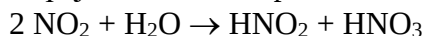
Visticamāk, ka pertehnēcijkābes formulā ir viens tehnēcija atoms, tā saturēs arī vienu ūdeņraža atomu. Šo abu atomu oksidēšanas pakāpju summa ir +8. Lai savienojums būtu elektroneitrāls, tā formulā jābūt 4 skābekļa atomiem, pertehnēcijkābes formula ir HTcO_4 .



Dažu oksīdu reakcijās ar ūdeni rodas vienlaicīgi divas skābes.

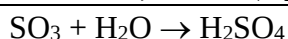
Uzraksti vienu šādu ķīmiskās reakcijas vienādojumu! (1 punkts)

Iespējamās vairākas pareizas atbildes, piem.:



Sēra(VI) oksīda reakcijā ar ūdeni rodas sērskābe.

Aprēķini, cik lielā ūdens masā ir jāizšķīdina 16 g sēra(VI) oksīda, lai iegūtu 49 % sērskābes šķīdumu! (3 punkti)



$$n(\text{SO}_3) = 16/80 = 0,2 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \text{ mol}, \quad m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2 \cdot 98 = 19,6 \text{ g}$$

$$m(\text{šķīduma}) = 19,6/0,49 = 40 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 40 - 16 = \mathbf{24 \text{ g}}$$

Daudzi ķīmiskie elementi veido nevis vienu, bet gan vairākus oksīdus. Kāda ķīmiskā elementa veidoto divu oksīdu molmasu attiecība ir 1,4211.

Izmantojot aprēķinus, nosaki abu oksīdu ķīmiskās formulas, ja zināms, ka elementa oksidēšanas pakāpe tajos atšķiras par divām vienībām! (Aprēķini – 2 punkti, pareizas formulas – 1 punkts)

Apzīmēsim nezināmo elementu ar A, bet tā molmasu ar M(A). Oksīdu formulas vispārīgā veidā būs A_2O_x un A_2O_{x+2} , kur ar x ir apzīmēta nezināmā elementa oksidēšanas pakāpe.

$$\text{Oksīdu molmasu attiecība būs } (2M(\text{A}) + 16x + 32)/(2M(\text{A}) + 16x) = 1,4211$$

Atrisinot šo vienādojumu, iegūst, ka $M(\text{A}) = 38 - 8x$

Ja $x = 1$, tad $M(\text{A}) = 30$, tāda ķīmiska elementa nav.

Ja $x = 2$, tad $M(\text{A}) = 22$, tāda ķīmiska elementa nav.

Ja $x = 3$, tad $M(A) = 14$, kas atbilst slāpekļa molmasai. Slāpekļis veido oksīdus gan ar oksidēšanas pakāpi $+3$, gan ar oksidēšanas pakāpi $+5$. Oksīdu formulas ir N_2O_3 un N_2O_5 .

Ķīmiskajās reakcijās oksīdi var būt gan reducētāji, gan oksidētāji.

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu starp vienkāršu vielu un oksīdu, kurā oksīda sastāvā esošā elementa oksidēšanas pakāpe palielinās! (1 punkts)

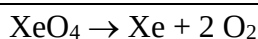
Iespējams daudz pareizu atbilžu, piem., $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2 SO_3$

Uzraksti ķīmiskās reakcijas vienādojumu starp vienkāršu vielu un oksīdu, kurā oksīda sastāvā esošā elementa oksidēšanas pakāpe samazinās! (1 punkts)

Iespējams daudz pareizu atbilžu, piem., $CO_2 + C \rightarrow 2 CO$

Ksenons veido divus oksīdus, kuros tā oksidēšanas pakāpe ir $+6$ un $+8$. Tie abi ir kristāliskas vielas. Sildot šie oksīdi sadalās, veidojot divu vienkāršu vielu maisījumu.

Aprēķini gāzu maisījuma, kas rodas, sadalot ksenona(VIII) oksīdu, vidējo molmasu un tā relatīvo blīvumu pret argonu! (2 punkti)



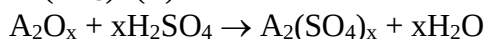
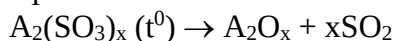
Gāzu maisījuma vidējā molmasa ir: $(131 + 2 \cdot 32)/3 = 195/3 = 65 \text{ g/mol}$

Gāzu maisījuma relatīvais blīvums pret argonu ir: $65/40 = 1,625$

Termiski sadalot kāda metāla sulfītu, ieguva šī metāla oksīdu un izdalījās 896 mL (n.a.) sēra(IV) oksīds.

Aprēķini, cik mL 15% sērskābes ($\rho = 1,10 \text{ g/mL}$) nepieciešams, lai izšķīdinātu iegūto metāla oksīdu! (3 punkti)

Apzīmēsim nezināmo elementu ar A, bet tā oksidēšanas pakāpi ar x.



$$n(SO_2) = 0,896/22,4 = 0,04 \text{ mol} \quad n(H_2SO_4) = n(SO_2) = 0,04 \text{ mol}$$

$$m(H_2SO_4) = 0,04 \cdot 98 = 3,92 \text{ g} \quad m(H_2SO_4, 15\%) = 3,92/0,15 = 26,13 \text{ g}$$

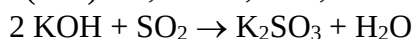
$$v(H_2SO_4, 15\%) = 26,13/1,10 = 23,75 \text{ mL}$$

Skābie oksīdi reaģē ar sārmu šķīdumiem. Kādā eksperimentā 400 mL 0,20 M KOH šķīduma uztvēra 896 mL (n.a.) sēra(IV) oksīdu.

Aprēķini iegūtās sāls masu! (2 punkti)

$$n(KOH) = 0,20 \cdot 0,400 = 0,08 \text{ mol}$$

$$n(SO_2) = 0,896/22,4 = 0,04 \text{ mol}$$



$$n(K_2SO_3) = 0,04 \text{ mol}$$

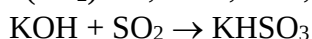
$$m(K_2SO_3) = 0,04 \cdot 158 = 6,32 \text{ g}$$

Citā pētījumā 600 mL 0,25 M KOH šķīduma uztvēra 3,36 L (n.a.) sēra(IV) oksīdu.

Aprēķini iegūtās sāls masu! (3 punkti)

$$n(KOH) = 0,25 \cdot 0,600 = 0,15 \text{ mol}$$

$$n(SO_2) = 3,36/22,4 = 0,15 \text{ mol}$$



$$n(KHSO_3) = 0,15 \text{ mol} \quad m(KHSO_3) = 0,15 \cdot 120 = 18 \text{ g}$$

8.3.2.1./16//002

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO TALANTU ATTĪSTĪBAI

KĪMIJAS 63. OLIMPIĀDES

VALSTS POSMA 10. KLASĒS UZDEVUMU RISINĀJUMI UN VĒRTĒŠANAS KRITĒRIJI

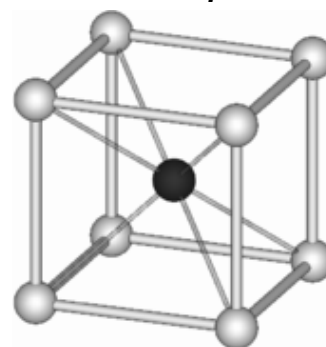
Kopā: 56 punkti

1. uzdevums

Cietais rieksts

10 punkti

Šajā uzdevumā apskatīsim kāda nezināma metāla hlorīda uzbūvi kristāliskā stāvoklī. Šis kristāls ir **tilpumcentrēts kubisks**, tātad gaišākas krāsas atomi veido kuba un tumšākas krāsas atoms atrodas tieši kuba vidū. Attēlā ar tumšāku krāsu apzīmēts metāla jons, savukārt ar gaišāku krāsu hlorīda joni. Šāds kristāla elementāršūnas apzīmējums gan nav korekts divu iemeslu dēļ: 1) elementāršūnas **virsotnēs nav veseli atomi**, 2) attēls liecina domāt, ka kristālā ir daudz brīvas telpas – tā nav, turklāt **vidū esošais jons pieskaras visiem joniem pa diagonāli**.



1. Nosaki, kāda daļa no vesela jona atrodas elementāršūnas virsotnē: (1p.)

☐ 1/2 ☐ 1/3 ☐ 1/4 ☐ 1/6 ☒ 1/8

2. Nosaki, kāda ir metāla oksidēšanās pakāpe: (1p.)

☐ 0 ☒ +1 ☐ +2 ☐ +4 ☐ +8

Ir dots, ka šīs elementāršūnas šķautnes garums ir 0,412 nm, kā arī hlorīdjona rādiuss ir 0,189 nm.

3. Aprēķini metāla jona rādiusu. (3p.)

Apzīmējam visas kuba šķautnes ar **a**, hlorīdjona rādiusu ar **r** un metāla jona rādiusu ar **R**:

Pēc Pitagora teorēmas aprēķinām, ka kuba pamata diagonāles garums ir $a\sqrt{2}$.

Līdzīgi kuba diagonāles garums ir $a\sqrt{3}$. Kuba diagonāli veido vien hlorīdjons un viens metāla jons, līdz ar to iegūstam $a\sqrt{3} = 2r + 2R$

Ievietojam a un r, atrisinām, ka **R=0,168 nm**

1 punkts par kuba diagonāles saistību ar šķautnes garumu, 1 punkts par diagonāles saistību ar r un R vai 2 punkti par sastādītu vienādību uzreiz.

1 punkts par pareizi atrisinātu R vērtību.

Jons	r, nm	Jons	r, nm	Jons	r, nm
Li ⁺	0,090	Na ⁺	0,116	Mg ²⁺	0,086
Al ³⁺	0,0675	K ⁺	0,152	Ca ²⁺	0,114
Sr ²⁺	0,132	Cs ⁺	0,167	Ba ²⁺	0,149
Zn ²⁺	0,088	Pd ²⁺	0,100	Ce ³⁺	0,115

4. Izmantojot augstāk doto tabulu, nosaki, kura metāla hlorīda kristāls ir dots. (1p.)

Cs⁺ (1 punkts)

1 punkts par jebkuru atbildi, ja tā atbilst 3. punkta rādiusam ~10% nobīdi + atbilst oksidēšanās pakāpei no 2. punkta.

5. Aprēķini šī metāla hlorīda blīvumu g/mL. (2p.)

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{V} = \frac{N \cdot M}{V \cdot N_A} = \frac{1 \cdot 168,36 \text{ g/mol}}{(0,412 \text{ nm})^3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}} = 3,998 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3 = \mathbf{4 \text{ g/mL}}$$

2 punkti par atbildi, kas izriet no iepriekšējo punktu norādītajām atbildēm, ja risinājums ir pareizs

6. Aprēķini, kādu daļu no elementāršūnas tilpuma aizņem metāla hlorīds (%). (2p.)

Aizpildījums ir attiecība visu jonu tilpumam pret elementāršūnas tilpumu, līdz ar to

$$\frac{V_{CsCl}}{V_{\text{elementāršūna}}} = \frac{\frac{4}{3}\pi(r^3 + R^3)}{a^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi(0,168\text{nm}^3 + 0,189^3)}{0,412^3} = 0,688 = 68,8\%$$

2 punkti par atbildi, kas izriet no iepriekšējo punktu norādītajām atbildēm, ja risinājums ir pareizs

2. uzdevums

Viss ir šķīstošs

10 punkti

Nešķīstošas vielas ir viegli pamanīt, jo tās ar ūdeni veido suspensiju. Taču pats koncepts kā tāds nav paties, jo nav nešķīstošu vielu – ir tikai atšķirīgas šķīdības pakāpes. Mazšķīstošu vielu šķīdību visvienkāršāk ir aplūkot ar līdzsvara izteiksmēm, kurās nešķīstošā daļiņa ir līdzsvarā ar disociētajiem joniem. Šādas līdzsvara konstantes izteiksmes, aprakstītas kā K_{SP} , ir vienkāršākas, jo nešķīstošām daļiņām nav šķīduma koncentrācijas, līdz ar to tās līdzsvara konstantes izteiksmē neņem vērā. Zemāk parādīts piemērs ar mazšķīstoša savienojuma AB_2 šķīdību:



1. Aprēķini AgI šķīdību (mol/L), ja tā šķīdības konstante $K_{SP} = 1,5 \cdot 10^{-16}$ (3p.)



Sastāda līdzsvara tabulu, neņemot vērā AgI:

Sākotnēji	0	0
Izmaiņa	+x	+x
Līdzsvarā	x	x

Ievietojam līdzsvara izteiksmē un iegūstam $x^2 = 1,5 \cdot 10^{-16}$

Atrisinot, iegūst $x = \mathbf{1,22 \cdot 10^{-8}}$, kas arī ir vienāds ar šķīdību (mol/L).

1 punkts par līdzsvara reakciju, 1 punkts par līdzsvara izteiksmi un 1 punkts par pareizu atbildi.

2. Nosaki, kāda būs AgI šķīdība (mol/L), ja to šķīdinās nevis ūdenī, bet 0,001 mol/L KI šķīdumā. (2p.)

Līdzīgi kā iepriekšējā apakšpunktā, tikai šeit jodīda līdzsvara koncentrācija ir nevis x, bet gan 0,001+x. Līdz ar to iegūstam līdzsvara izteiksmi kā

$$x \cdot (0,001 + x) = 1,5 \cdot 10^{-16}$$

Atrisinot kvadrātvienādojumu, iegūstam $x = 1,5 \cdot 10^{-13}$, kas arī ir šķīdība (mol/L).

1 punkts par līdzsvara izteiksmi un 1 punkts par pareizu atbildi.

3. Sudraba fosfāta piesātinātā šķīdumā fosfātjonu koncentrācija ir $4,26 \cdot 10^{-5}$ mol/L. Aprēķini sudraba fosfāta šķīdības konstanti K_{SP} . (2p.)



$$K_{SP} = [Ag^+]^3 \cdot [PO_4^{3-}] = (3x)^3 \cdot x$$

Ievieto x vietā $4,26 \cdot 10^{-5}$ mol/L un iegūst $K_{SP} = 8,89 \cdot 10^{-17}$

1 punkts par K_{SP} izteiksmi un 1 punkts par pareizu atbildi.

4. Aprēķini pH piesātinātam kalcija hidroksīda šķīdumam, ja tā šķīdības konstante $K_{SP} = 5,02 \cdot 10^{-6}$. (3p.)



Apzīmē kalcija jonu līdzsvara koncentrāciju ar x :

$$x \cdot (2x)^2 = 5,02 \cdot 10^{-6}$$

Atrisinot, iegūst $x = 0,0108$, līdz ar to $c_{NaOH} = 2x = 0,0216$ M

$$pOH = -\lg[OH^-] = 1,67$$

$$pH = 14 - pOH = 12,33$$

1 punkts par vienādojuma izveidošanu, 1 punkts par NaOH koncentrāciju, 1 punkts par pH aprēķināšanu; 0,5 punkti, ja NaOH koncentrācija ir 0,0108M; 0,5 punkti, ja pH vietā aprēķināts pOH.

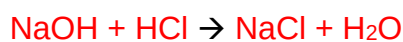
3. uzdevums

Industriālais process

12 punkti

Ķīmijas skolotāja Valentīna ķīmijas laboratorijā atrada burku ar netipisku vielu maisījumu – nātrija hidroksīdu un kalcija karbonātu. Valentīna paņēma 0,800g šī maisījuma un tam pievienoja 50 mL 1,00 M HCl šķīduma. Pēc gāzes pilnīgas izdalīšanās Valentīna atšķaidīja iegūto šķīdumu līdz 100 mL, paņēma 10 mL no šī šķīduma un titrēja to ar 0,375 M standartizētu NaOH šķīdumu. Titrēšanā izmantoja vidēji 8,97 mL titranta.

1. Aprēķini kalcija karbonāta masas daļu šajā maisījumā. (5p.)



$$n_{HCl_{kop}} = c \cdot V = 0,050 \text{ L} \cdot 1,00 \text{ M} = 0,050 \text{ mol}$$

$$m_{HCl_{pārpalikums}} = 10 \cdot n_{NaOH_{titr}} = 10 \cdot 0,375 \text{ M} \cdot 0,00897 \text{ L} = 0,0336 \text{ mol}$$

$$n_{HCl_{reakc}} = 0,050 \text{ mol} - 0,0336 \text{ mol} = 0,0164 \text{ mol} = n_{NaOH} + 2 n_{CaCO_3}$$

$$m_{CaCO_3} + m_{NaOH} = 0,800 \text{ g} \quad n_{CaCO_3} \cdot M_{CaCO_3} + n_{NaOH} \cdot M_{NaOH} = 0,800 \text{ g}$$

Apzīmē $x = n_{CaCO_3}$ un $y = n_{NaOH}$, iegūst sistēmu:

$$y + 2x = 0,0164$$

$$100x + 40y = 0,800$$

Atrisinā un iegūst $x=n_{\text{CaCO}_3}=0,0072 \text{ mol}$ un $y=n_{\text{NaOH}}=0,002 \text{ mol}$

$w_{\text{CaCO}_3}=(0,0072 \text{ mol} \cdot 100 \text{ g/mol})/0,800 \text{ g}=0,900=90,0\%$

1 punkts par HCl titrēšanā, 1 punkts par HCl pārpalikumu, 1 punkts par sastādītu sistēmu, 1 punkts par atrisinātu sistēmu, 1 punkts par pareizu masas daļu

2. Aprēķini šķīduma pH pēc atšķaidīšanas.

(1p.)

$n_{\text{HCl}}=0,0336 \text{ mol}$

$V=0,100 \text{ L}$

$C=n/V=0,336 \text{ M}$

$\text{pH}=-\lg[\text{H}^+]=-\lg(0,336)=0,47$

Izrādās, ka šādu netipisku maisījumu var iegūt kādā industriālā procesā. Šajā procesā karsē piesātinātu kalcija hidroksīda šķīdumu kopā ar nātrija karbonātu un tad maisījumam cauri burbuļo ogļskābo gāzi.

3. Uzraksti visus vienādojumus un izliec mazākos, veselos koeficientus visām reakcijām, kas minētas šajā uzdevumā. (4p.)

$\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCl}_2$

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{NaOH}$

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

4. Aprēķini nātrija karbonāta masas daļu maisījumā industriālā procesa reakcijā. (2p.)

Neatkarīgi no reakcijas, viss CaCO_3 veidojies no Ca(OH)_2 , līdz ar to

$n_{\text{Ca(OH)}_2}=n_{\text{CaCO}_3}=0,0072 \text{ mol}$

$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}=0,5 \cdot n_{\text{NaOH}}=0,001 \text{ mol}$

$$w = \frac{0,001 \text{ mol} \cdot 106 \text{ g/mol}}{0,001 \text{ mol} \cdot 106 \text{ g/mol} + 0,0072 \text{ mol} \cdot 74 \text{ g/mol}} = 0,166 = 16,6\%$$

2 punkti par jebkuru korektu aprēķinu

4. uzdevums

Viss ir līdzsvarā

9 punkti

Līdzsvara konstante ūdeņraža reakcijai ar jodu pie 600°C ir 70,0.

1. Uzraksti norādīto līdzsvara reakciju.

(1p.)

$\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$

1 punkts; 0,5 punkti, ja nav izlikti koeficienti

2. Aprēķini, cik daudz joda (%) ir izreaģējis, reakcijai sasniedzot līdzsvaru, ja izejvielas tiek sajauktas pie 600°C attiecībā

a) 1 : 1

b) 2 : 1 (ūdeņraža divreiz vairāk kā joda)

(4p.)

a)

Apzīmējam ar c sākotnējo koncentrāciju un x izmaiņu:

$$[H_2]=[I_2]=c-x$$

$$[HI]=2x$$

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{4x^2}{(c-x)^2}$$

$$\sqrt{K} = \frac{2x}{c-x}$$

$$x = \frac{\sqrt{70} \cdot c}{2 + \sqrt{70}}$$

$$\frac{x}{c} = 0,807 = 80,7\%$$

1 punkts par sastādītu līdzsvara konstantes izteiksmi, 1 punkts par pareizu atbildi

b)

$$[H_2]=2c-x \quad [I_2]=c-x$$

$$[HI]=2x$$

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{4x^2}{(2c-x)(c-x)}$$

Atrisinot, iegūst $x=0,951c$

$$\frac{x}{c} = 0,951 = 95,1\%$$

1 punkts par sastādītu līdzsvara konstantes izteiksmi, 1 punkts par pareizu atbildi

3. Aprēķini, cik molu ūdeņraža jā sajauc ar vienu molu joda, lai 99% no joda izreaģētu, līdz reakcijas līdzsvars ir iestājies (pie 600°C)? (2p.)

$$[H_2]=xc-0,99c \quad [I_2]=c-0,99c$$

$$[HI]=1,98c$$

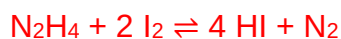
$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{1,98^2 \cdot c^2}{c^2 \cdot (1-0,99) \cdot (x-0,99)} = \frac{1,98^2}{0,01 \cdot (x-0,99)}$$

$$x=6,59 \text{ mol } H_2$$

2 punkti par pareizu risinājumu

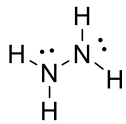
Jodūdeņraža sintēzē parasti gan ūdeņraža vietā tiek izmantots hidrazīns N_2H_4 . Šādā līdzsvara reakcijā veidojas vēl kāda gāze.

4. Uzrakstiet minēto reakcijas vienādojumu. (1p.)



1 punkts par vienādojumu; 0,5 punkti, ja nav izlikti koeficienti

5. Uzzīmējiet hidrazīna struktūru, norādot nedalītos elektronu pārus. (1p.)



1 punkts; 0,5 punkti, ja nav norādīti nedalītie elektronu pāri

5. uzdevums

Radniecība

7 punkti

Kāda metāla **X** oksīds **A** satur 22,55% skābekļa pēc masas. Savukārt šī paša metāla cits oksīds **B** satur 50,48% skābekļa pēc masas.

1. Nosakiet metālu **X** un oksīdus **A** un **B**.

(4p.)

Oksīds **A**: X_2O_z

$$2: z = \frac{w(X)}{M(X)} : \frac{w(O)}{M(O)}$$

$$2: z = \frac{0,7745}{M(X)} : \frac{0,2255}{16} = \frac{54,95}{M(X)}$$

Oksīds **B**: X_2O_y

$$2: y = \frac{w(X)}{M(X)} : \frac{w(O)}{M(O)}$$

$$2: y = \frac{0,4952}{M(X)} : \frac{0,5048}{16} = \frac{15,695}{M(X)}$$

Izdalām pirmo vienādojumu ar otro un iegūstam:

$$\frac{y}{z} = \frac{54,95}{15,695} = 3,5 = \frac{7}{2}$$

Ievietojam $x=2$ pirmajā vienādojumā un iegūstam

$$M(X)=54,95$$

X = Mn, **A** = MnO, **B** = Mn₂O₇

2 punkti par **X**, 1 punkts par **A**, 1 punkts par **B**

Oksīdu **A** var iegūt no vēl cita metāla **X** oksīda **C**, izmantojot ūdeņradi vai tvana gāzi. Zināms, ka gan ūdeņradis, gan tvana gāze ar **C** reaģē attiecībā 1:1.

2. Nosakiet oksīdu **C**.

(1p.)

C = MnO₂

3. Uzrakstiet minētos reakciju vienādojumus.

(2p.)



1 punkts par katru vienādojumu

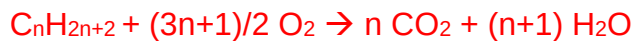
6. uzdevums

Organiskais pārsteigums

8 punkti

Kādu nezināmu alkānu iepildīja konteinerā un pievienoja tik skābekļa, cik nepieciešams pilnīgai sadegšanai. Konteineri karsēja 1000°C un pamanīja, ka pēc reakcijas spiediens konteinerī bija identisks spiedienam pirms reakcijas pie šīs pašas temperatūras.

1. Nosaki, kādu alkānu iepildīja konteinerī. (2p.)



$$\frac{3n+1}{2} + 1 = n + n + 1$$

$$\frac{3n+3}{2} = 2n+1$$

Atrisinā, iegūst $n=1$, līdz ar to CH_4 - metāns

1 punkts par sastādītu reakcijas vienādojumu ar nezināmajiem koeficientiem, 1 punkts par atbildi

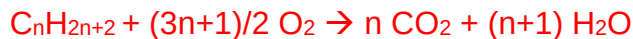
Zināms, ka konteinerā ietilpība ir 0,27 L un tajā tika iepildīti 0,15 mol alkāna.

2. Nosaki, kāds bija šis spiediens konteinerī pie 1000°C. (1p.)

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,15 \text{ mol} \cdot 8,314 \cdot (1000 + 273,15)}{0,00027 \text{ m}^3} = 5,88 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 5880 \text{ kPa}$$

Citā līdzīgā eksperimentā spiedienu konteinerī pirms un pēc reakcijas noteica pie 20°C.

3. Pamato, vai ir iespējams kāds alkāns, kuru izmantojot šādā reakcijā, spiediens pēc reakcijas būtu lielāks kā pirms reakcijas? (1p.)



$$\frac{3n+1}{2} + 1 = n$$

$$\frac{3n+3}{2} = n$$

Atrisinā, iegūst $n=-3$, līdz ar to šāds alkāns nepastāv.

1 punkts par atbildi

Organisko savienojumu sadegšanas reakcijas vēsturiski tika lietotas, lai noteiktu savienojuma molekulārformulu. Alkānu gadījumā, oksidēšanās produktus pārvērta, lai to daudzumu varētu noteikt ar titrēšanu vai gravimetriju.

4. Piedāvājiem katram no reakciju produktiem 2 reakcijas (dažādu klašu pārstāvjiem), ar kurām noteikt šo oksidēšanās produktu daudzumu. (4p.)

Piemēram,



Par katru reakciju 1 punkts, ne vairāk kā 2 par katru daļu.

8.3.2.1./16/I/002

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO TALANTU
ATTĪSTĪBAI

Vārds, Uzvārds, Skola:

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

ĶĪMIJAS 63. OLIMPIĀDES

VALSTS POSMA 11. KLASES UZDEVUMI

Kopā: 97 punkti

1. uzdevums

Identitātes medības

14 punkti

Ķīmiķei Ilzei pirms bakalaura grāda saņemšanas kursabiedri nolēma sarīkot prasmju un atjautības pārbaudi, liekot viņai noteikt, ar kādām ķīmiskajām vielām katrs no viņiem bija veicis pārvērtības.

Igors bija paņēmis 10,00 g kāda metāla **X** un vara sakausējumu un to šķīdināja sālsskābē. Viņš novēroja, ka šajā procesā izdalās 3,25 L (n.a.) gāzes, savukārt skābē neizšķīst 0,50 g no ņemtā parauga.

1. Palīdzi Ilzei un nosaki, kas ir metāls **X**!

(3 p.)

Metāla reakciju var uzrakstīt kā:



Zināms, ka izrēģēja 9,50 g metāla. Tāpat zināms, ka izdalītā H_2 daudzums ir:

$$n = \frac{V}{V_0} = \frac{3,25}{22,4} = 0,145 \text{ mol}$$

Metāla daudzums ir atkarīgs no a un ir

$$n_X = \frac{2 \cdot n}{a} = \frac{0,290}{a}$$

Metāla atommasa tād ir:

$$A_X = \frac{m}{n_X} = \frac{a \cdot m}{0,290}$$

Apskatām dažādas iespējamās a vērtības un iegūstam:

a	A_X	
1	32,8	
2	65,5	Zn
3	98,3	Tc
4	131,0	
5	163,8	
6	196,6	Au
7	229,3	
8	262,1	

Tātad **A = Zn** (Tc ir radioaktīvs, Au ar sālsskābes šķīdumu nereāgē).

Marija paņēma kāda nezināma sārmzemju metāla **Y** hidroksīda **A** koncentrētu šķīdumu, kas ilgu laiku bija glabājies ne pilnīgi noslēgtā traukā, un daļēji bija izreaģējis ar gaisā esošu gāzi, veidojoties nogulsnēm **B**. *Tā kā gaisā esošā gāze reaģēja ar A pārākumā, reakcijā bija radies tikai B!* Marija ņēma šķīdumu, uzmanīgi to ietvaicēja, iegūstot **A** un **B** maisījuma. Viņa ņēma 10,0 g šī maisījuma un to karsēja 1000 °C temperatūrā, kā rezultātā parauga masa samazinājās līdz 7,18 g. Tāpat viņa ņēma svaigus 0,500 g maisījuma un to uzmanīgi titrēja ar 1,00 M sālsskābes šķīdumu, novērojot, ka šķīdums kļūst jūtami skābs, kad pievienoti 12,80 mL sālsskābes šķīduma. *Līdzsvarus, kas saistīti ar iespējamo vājas skābes veidošanos, ignorē!*

2. Palīdzī Ilzei un nosaki, kas ir savienojumi **A** un **B** un metāls **Y**!

(4 p.)

Gaisā esošā gāze ir CO₂, **B** tātad būs **Y** karbonāts.

Karsējot notiekošās reakcijas:



Karsējot 10,0 g iegūtā YO masa tātad ir 7,18 g.

Titrējot ar sālsskābi notiekošo reakciju vienādojumi ir:



Aprēķina patērētās sālsskābes daudzumu:

$$n_{HCl} = C \cdot V = 1,00 \cdot 0,01280 = 0,01280 \text{ mol}$$

Redzam, ka 0,500 g maisījuma izreaģē ar aprēķināto HCl daudzumu, savukārt no 20 reizes vairāk (10,0 g) maisījuma rodas 7,18 g YO. Tā kā artšķirība ņemtajā Y(OH)₂ un YCO₃ daudzumā arī ir 20 reizes, un to daudzuma attiecība abos maisījumos ir identiska, varam aprēķināt YO daudzumu kā:

$$n_{YO} = 20 \cdot \frac{n_{HCl}}{2} = 0,1280 \text{ mol}$$

(Ar 2 daļa saskaņā ar titrēšanas reakcijas vienādojumu)

Atrodam YO molmasu un Y atommasu:

$$M_{YO} = \frac{m}{n_{YO}} = \frac{7,18}{0,1280} = 56,1 \text{ g/mol}$$

$$A_Y = M_{YO} - 16,0 = 56,1 - 16,0 = 40,1 \text{ g/mol}$$

Tātad **Y = Ca**, **A = Ca(OH)₂** un **B = CaCO₃**.

3. Aprēķini, kāda daļa (daudzumsdaļa) no sākotnējā traukā esošā **A** bija pārvērtusies par **B**! (2 p.)

Šobrīd mums ir 2 vienādojumi:

$$n_A + n_B = 0,1280 \text{ mol}$$

$$n_A M_A + n_B M_B = 10,0 \text{ g}$$

Pareizam pirmo vienādojumu ar $-M_A$ un abus venādojumus saskaita:

$$-n_A M_A - n_B M_A = -0,1280 M_A$$

$$n_A M_A + n_B M_B = 10,0$$

$$n_B M_B - n_B M_A = 10,0 - 0,1280 M_A$$

$$n_B (M_B - M_A) = 10,0 - 0,1280 M_A$$

$$n_B = \frac{10,0 - 0,1280 M_A}{M_B - M_A} = \frac{10,0 - 9,485}{100,1 - 74,1} = \frac{0,515}{26,0} = 0,0198 \text{ mol}$$

Tā kā sākotnējais A daudzums traukā bija 0,1280 mol, tad pārvērtusies daļa ir:

$$\frac{0,0198}{0,1280} = 0,155 = 15,5\%$$

Nauris ņēma 10,0 g divu periodiskajā sistēmā blakus esošu sārmu metālu **W** un **Z** karbonātu maisījumu. Šī maisījuma reakcijā ar sālsskābi pārākumā izdalījās 1,23 L (n.a.) gāzes.

4. Palīdzi Ilzei un nosaki, kas ir metāli **W** un **Z**, kā arī kāds bija analizētā maisījuma sastāvs masas daļās! (5 p.)

Iespējami dažādi risināšanas paņēmieni, attēlots viens no tiem. Autoriem šobrīd zināmie paņēmieni ietver sārmu metālu karbonātu sistemātisku pārbaudi.



Redzams, ka izdalītais CO_2 daudzums ir vienāds ar karbonāta daudzumu. Aprēķinam to un pārbaudam, kāda būtu katra iespējamā karbonāta masa, ja reaģētu tikai tīrs šis karbonāts.

$$n = \frac{V}{V_0} = \frac{1,23}{22,4} = 0,05491 \text{ mol}$$

Karbonāts	M / g/mol	m(tīrs) / g
Li_2CO_3	73,8	4,05
Na_2CO_3	106	5,82
K_2CO_3	138,2	7,59
Rb_2CO_3	231	12,69
Cs_2CO_3	325,8	17,89

Redzams, ka ņemot divus blakus esošus karbonātus, vienīgā iespēja, ka no 10,0 g karbonātu radīsies 1,23 L CO_2 ir, ņemot K_2CO_3 un Rb_2CO_3 , jo ņemot vieglāku karbonātu pārus šāds CO_2 daudzums vienmēr izdalīsies no mazākas masas, savukārt ņemot smagāku karbonātu pāri, šāda CO_2 daudzuma iegūšanai vajadzēs lielāku karbonātu masu.

Kad vielas ir noteiktas, iegūstam parastu vienādojumu sistēmu:

$$n_1 + n_2 = 0,05491 \text{ mol}$$

$$n_1 M_1 + n_2 M_2 = 10,0 \text{ g}$$

Pareizam pirmo vienādojumu ar $-M_1$ un abus vienādojumus saskaita:

$$-n_1 M_1 - n_2 M_1 = -0,05491 M_1$$

$$n_1 M_1 + n_2 M_2 = 10,0$$

$$n_2 M_2 - n_2 M_1 = 10,0 - 0,05491 M_1$$

$$n_2 (M_2 - M_1) = 10,0 - 0,05491 M_1$$

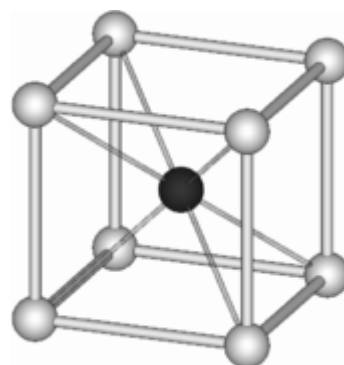
$$n_2 = \frac{10,0 - 0,05491 M_1}{M_2 - M_1} = \frac{10,0 - 7,589}{231,0 - 138,2} = \frac{2,411}{92,8} = 0,0260 \text{ mol}$$

$$m_2 = n_2 M_2 = 0,0260 \cdot 231,0 = 6,00 \text{ g}$$

Tātad $w(\text{Rb}_2\text{CO}_3) = 60,0\%$ un $w(\text{K}_2\text{CO}_3) = 40,0\%$.

2. uzdevums**Cietais rieksts****10 punkti**

Šajā uzdevumā apskatīsim kāda nezināma metāla hlorīda uzbūvi kristāliskā stāvoklī. Šis kristāls ir **tilpumcentrēts kubisks**, tātad gaišākas krāsas atomi veido kubu un tumšākas krāsas atoms atrodas tieši kuba vidū. Attēlā ar tumšāku krāsu apzīmēts metāla jons, savukārt ar gaišāku krāsu hlorīda joni. kristāla elementāršūnas apzīmējums gan nav korekts divu iemeslu dēļ: 1) elementāršūnas **virsotnēs nav veseli atomi**, 2) liecina domāt, ka kristālā ir daudz brīvas telpas – tā nav, turklāt **esošais jons pieskaras visiem joniem pa diagonāli**.

Šāds
attēls
vidū

1. Nosaki, kāda daļa no vesela jona atrodas elementāršūnas virsotnē: (1 punkts)

☐ 1/2 ☐ 1/3 ☐ 1/4 ☐ 1/6 ☒ 1/8

2. Nosaki, kāda ir metāla oksidēšanās pakāpe: (1 punkts)

☐ 0 ☒ +1 ☐ +2 ☐ +4 ☐ +8

Ir dots, ka šīs elementāršūnas šķautnes garums ir 0,412 nm, kā arī hlorīdjona rādiuss ir 0,189 nm.

3. Aprēķini metāla jona rādiusu. (3 punkti)

Apzīmējam visas kuba šķautnes ar **a**, hlorīdjona rādiusu ar **r** un metāla jona rādiusu ar **R**:

Pēc Pitagora teorēmas aprēķinām, ka kuba pamata diagonāles garums ir $a\sqrt{2}$.

Līdzīgi kuba diagonāles garums ir $a\sqrt{3}$. Kuba diagonāli veido vien hlorīdjons un viens metāla jons, līdz ar to iegūstam $a\sqrt{3} = 2r + 2R$

Ievietojam a un r, atrisinām, ka **R=0,168 nm**

1 punkts par kuba diagonāles saistību ar šķautnes garumu, 1 punkts par diagonāles saistību ar r un R vai 2 punkti par sastādītu vienādību uzreiz.

1 punkts par pareizi atrisinātu R vērtību.

Jons	r, nm	Jons	r, nm	Jons	r, nm
Li ⁺	0,090	Na ⁺	0,116	Mg ²⁺	0,086
Al ³⁺	0,0675	K ⁺	0,152	Ca ²⁺	0,114
Sr ²⁺	0,132	Cs ⁺	0,167	Ba ²⁺	0,149
Zn ²⁺	0,088	Pd ²⁺	0,100	Ce ³⁺	0,115

4. Izmantojot augstāk doto tabulu, nosaki, kura metāla hlorīda kristāls ir dots. (1 punkts)

Cs⁺ (1 punkts)

1 punkts par jebkuru atbildi, ja tā atbilst 3. punkta rādiusam ~10% nobīdi + atbilst oksidēšanās pakāpei no 2. punkta.

5. Aprēķini šī metāla hlorīda blīvumu g/mL. (2 punkti)

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{V} = \frac{N \cdot M}{V \cdot N_A} = \frac{1 \cdot 168,36 \text{ g/mol}}{(0,412 \text{ nm})^3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}} = 3,998 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3 = \mathbf{4 \text{ g/mL}}$$

2 punkti par atbildi, kas izriet no iepriekšējo punktu norādītajām atbildēm, ja risinājums ir pareizs

6. Aprēķini, kādu daļu no elementāršūnas tilpuma aizņem metāla hlorīds (%). (2 punkti)

Aizpildījums ir attiecība visu jonu tilpumam pret elementāršūnas tilpumu, līdz ar to

$$\frac{V_{CsCl}}{V_{elementāršūna}} = \frac{\frac{4}{3}\pi(r^3 + R^3)}{a^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi(0,168nm^3 + 0,189^3)}{0,412^3} = 0,688 = 68,8\%$$

2 punkti par atbildi, kas izriet no iepriekšējo punktu norādītajām atbildēm, ja risinājums ir pareizs

3. uzdevums**Arsēns un vistas filejas****14 punkti**

Nelielos daudzumos arsēns ir sastopams dažādos pārtikas produktos, t.sk. rīsos, aļģēs un jūras veltēs.

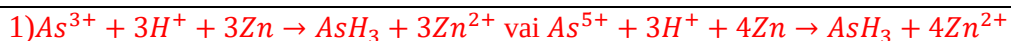
Pēc Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestādes (EFSA) atzinuma pagaidu maksimālā pieļaujamā nedēļas deva arsēnam – 15 µg/kg ķermeņa svara.

1. Mazais Jānītis sver 70 kg. Cik arsēna maksimāli pieļaujams viņam lietot uzturā vienā diennaktī? (1 p.)

$$70 \cdot 15 / 7 = 150 \text{ µg (1.p.)}$$

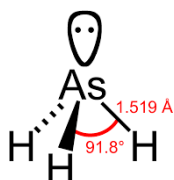
Dažādas arsēna noteikšanas metodes ir zināmas jau no 19.gs. 1832. gadā angļu ķīmiķis Džeimss Māršs (James Marsh) izstrādāja procedūru arsēna noteikšanai - Mārša tests, kas ietver šādas darbības: 1) paraugam pievieno sālsskābes un cinka daļiņas. Ja paraugā ir As^{3+} vai As^{5+} , veidojas toksiska gāze **A**. 2) Kad gāze **A** tiek karsēta caurulē, uz caurules sienas tiek nogulsnēts spīdīgs melns materiāls **B**.

2. Uzraksti vienādojumus **A** un **B** iegūšanai. (4 p.)



1 p par pareiziem ķīm. sav., 1 p par pareizu novienādošanu katram vienādojumam, kopā 4.p.

3. Attēlo gāzes **A** molekulas ģeometriju un nosauc šo molekulas formu! (2 p.)



Trigonāli piramidāla (atbilde trīsstūra piramīda arī ieskaitāma)

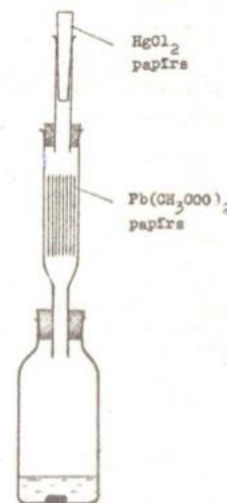
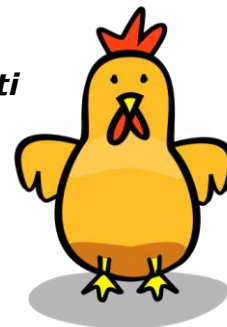
1 p par ģeometriju, viens par pareizu attēlošanu; 0.5p par atbildi “piramīda”; 0.5 p ja attēlojumā nav elektronu pāra.

Kvalitatīvai analīzei arsēna savienojumus ir ērti pierādīt Zangera un Bleka aparātiņā, kas sastāv no 10-20 ml pudelītes vai mēģenes un uzliktņa. Uzliktņa paplašinātajā daļā ievieto svina acetāta papīru, bet virs tā, tievākā caurulītē - HgCl_2 vai HgBr_2 papīrīti. Analīzi veic pudelītē iepilnot pāris pilienus analizējamā parauga, ievietojot cinka granuliņu un iepilnot koncentrētu skābi. Arsēna klātbūtnes gadījumā Hg halogenīda papīriņš iekrāsojas dzeltenbrūns.

4. Kāda ir loma svina acetāta papīram Zangera un Bleka aparātiņā? (1 p.)

As un Sb ir bieži sastopami sulfīdu formā, tā kā skābos apstākļos sulfīdi veido sērūdeņražskābi H_2S , tad, lai tā nereaģētu ar HgCl_2 , tā izreagē ar svina acetāta papīriņu. 1 p
0.5 p ja analogisks skaidrojums ietver sulfīdus un karbonātus

0 p ja analogisks skaidrojums ietver tikai karbonātus



5. Uzaksti formulu savienojumam, kas var veidoties uz HgCl_2 papīriņa, gadījumā ja analizējams paraugs satur arsēnu! (1 p.)

Var veidoties pilnīgas vai daļējas apmaiņas produkti, 1 p par jebkuru no sekojošajiem:
 $\text{AsH}_2(\text{HgCl})$, $\text{AsH}(\text{HgCl})_2$, $\text{As}(\text{HgCl})_3$, As_2Hg_3

6. Gan Mārša testā, gan analizē ar Zangera un Bleka aparātu, arsēnam analogiski var reaģēt elements **C**, kas ir elements **C**? (1 p.)

Elementam **C** jābūt no VA grupas, ne slāpekli, ne fosforu saturoši anjoni cinka un sālsskābes klātbūtnē nereducējas par amonjaku un fosfīnu (nitrīdi un fosfīdi izdalītu gāzi arī bez cinka, kā arī tie nevarētu būt ūdens vides paraugā iepriekš nehidrolizējoties), tātad elements **C** ir antimons. (1 p) Tik tiešām antimons reaģējot ar cinku un sālsskābi dod stibīnu SbH_3 (gāze **D**).

Bismutīns BiH_3 parasti ir iegūstams metilbismutīna BiH_2CH_3 disproporcionēšanās rezultātā, kas savukārt ir nestabils un iegūstams metilbismuta dihlorīda BiCl_2CH_3 reakcijā ar spēcīgāku reducētāju litija alumīnija hidrīdu LiAlH_4 . Par atbildi **C** ir Bi - 0.5 p.

7. Arsēna un elementa **C** jonus analizējamajā paraugā ir diezgan grūti atdalīt, tomēr pārvēršot par gāzi **A** un tai analogisku gāzi **D**, atdalīšana kļūst vienkārša. Piedāvā metodi gāzu **A** un **D** atdalīšanai (procesa aprakstīšana vai skaitlisku vērtību zināšana nav nepieciešama) (1 p.)

Kondensēšana, sasaldēšana. 1 p.

Lai gan skolēniem nav paredzēts zināt sekojošos procesus, par atbildēm gāzu hromatogrāfiska sadalīšana vai difūzija arī 1 p.

Atsevišķi organoarsēna savienojumi ir tikuši izmantoti putnu gaļas ražošanā kā barības piedevas, lai palielinātu svara pieaugumu un uzlabotu barības efektivitāti. Mūsdienās liela daļa tādu piedevu ir aizliegtas ES.

Mazais Jānītis nolēma pārbaudīt arsēna saturu vienā nedēļā patērētajā vistas gaļā. Viņš iegādājās 1 kg vistas filejas. Pēc karsēšanas un oksidēšanas (metodes šajā uzdevumā netiks aplūkotas) iegūto masu, viņš samaisīja ar cinka pulveri un pielēja tam koncentrētu sālsskābi. Radušās gāzes tika atdalītas pēc 7.punktā piedāvātās metodes un gāze **A** tika burbuļota caur 0.1 M sudraba nitrāta šķīdumu, iegūstot tumšas nogulsnes. Pēc izžāvēšanas to masa bija 6.5 mg. Atlikušajam šķīdumam Mazais Jānītis veica Mārša testu (2. punkts) un veiksmīgi novēroja nogulsnes **B**.

8. Uzaksti vienādojumu reakcijai, kas norit gāzi **A** burbuļojot caur sudraba nitrāta šķīdumu.
 Padoms: padomā, ko pierāda veiktais Mārša tests! (2 p.)

Veiktais Mārša tests pierāda, ka šķīdumā joprojām ir As^{3+}
 $\text{AsH}_3 + 6\text{AgNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_3 + 6\text{Ag} + 6\text{HNO}_3$

1 p par pareiziem ķīm. sav., 1 p par pareizu novienādošanu

Ja pareizi novienādots ar gan As^{3+} , gan As^0 , gan Ag^0 produktos - 2p.

Ja pareizi novienādots ar As_2O_3 kā produktu - 1.5p.

9. Nosaki arsēna saturu vistas filejā! Vai tas ir pieļaujamās devas robežās? (2 p.)

$$n_{\text{Ag}} = \frac{m_{\text{Ag}}}{M_{\text{Ag}}} = \frac{6.5 \cdot 10^{-3}}{108} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 0.06 \text{ mmol} \quad 0.5\text{p}$$

$$n_{\text{As}} = n_{\text{AsH}_3} = \frac{n_{\text{Ag}}}{6} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{6} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 0.01 \text{ mmol} \quad 0.5\text{p}$$

Vārds, Uzvārds, Skola _____

$$m_{As} = n_{As} * M_{As} = 1 * 10^{-5} * 75 = 7.5 * 10^{-4} g = 0.75 mg \text{ 0.5p}$$

Pieļaujamais: $70 * 15 / 7 = 1050 \mu g = 1.05 mg > 0.75 mg \Rightarrow$ ir pieļaujamās devas robežās (0.5.p.)

4. uzdevums**Cianīdu Noriss****17 punkti**

Stilīgo ķīmiķi Norisu allaž ir fascinējuši cianīdi (pētnieciskos nolūkos). Viens no pielietojumiem, ko viņš vēlas izmēģināt ir zelta šķīdināšana.

1. Uzraksti un novienādo reakcijas vienādojumu zelta šķīdināšanai kālija cianīda ūdens šķīdumā gaisa klātbūnē, ja zināms, ka veidojas ūdenī šķīstošs kālija dicianoaurāts(I)! (2 p.)

$4 \text{ Au} + 8 \text{ KCN} + \text{O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{ K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + 4 \text{ KOH}$ [1 p par pareizām vielām, 1 p par pareizu novienādošanu]

Stilīgajam ķīmiķim Norisam paveicās iegūt baltu pulveri, kurā tika apgalvots, ka tas satur cianīdus. Stilīgais ķīmiķis Noriss nolēma analītiski pārbaudīt cianīdu saturu pulverī. Titrēt ar skābi viņš tomēr nevēlējās...

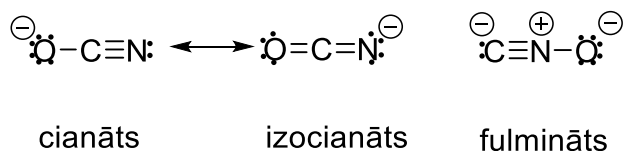
2. Kāpēc nav ieteicams titrēt cianīdus ar skābi? (1 p.)

Veidojas HCN - zilskābe jeb ciānūdeņradis, kas ir stipra inde - tas iedarbojas nāvējoši pat par 0,05 g mazākās devās. [1 p]

Titrēt ar bāzi viņš arī nevēlējās. *Cianīdu hidrolīze bāziskā vidē tiek aplūkota tikai 12. klasē... tāpat arī to reducēšana...*

Noriss zināja, ka cianīdu oksidēšana ir iespējama. Tomēr, ja oksidējoties skābeklis pievienojas oglekļa atomam, tiek iegūts cianāts, savukārt ja slāpekļa atomam, tad fulmināts. Cianāti pastāv līdzsvarā ar izocianātiem (tās ir tautomērās formas). Fulmināta, cianāta un izocianāta anjoniem ir identisks sastāvs (pa vienam oglekļa, skābekļa un slāpekļa atomam) un summārais lādiņš (−1), tomēr atšķiras to struktūrformulas.

3. Attēlo fulmināta un izocianāta anjona struktūras, neaizmirstiet norādīt visus nedalītos elektronu pārus un pareizu bultu tautomēro formu attēlošanai! (5 p.)



[0.5 p par struktūru, 0.5 p par pareizu elektronu un lādiņu izvietojumu, 0.5p par pareizu nosaukuma un struktūras kombināciju, 0.5p par tautomērās bultas attēlojumu, kopā 5p]

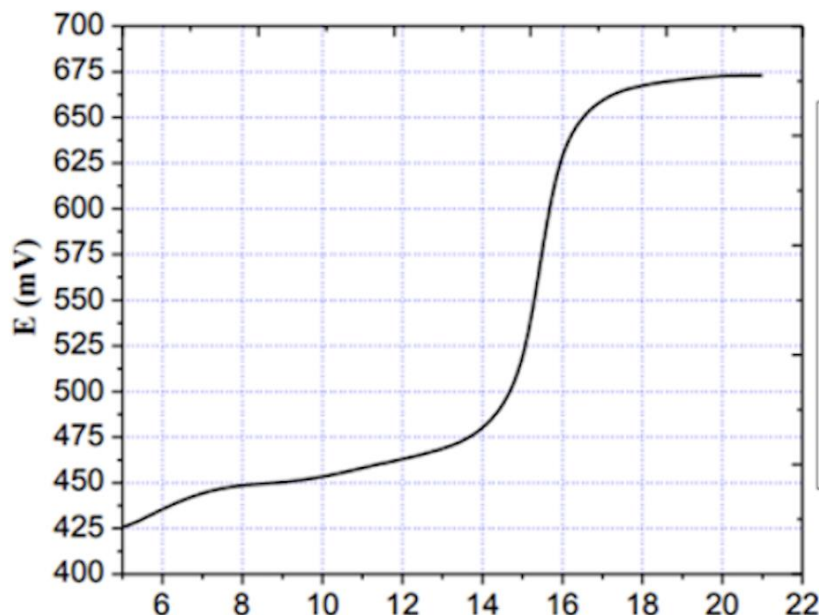
4. Uzraksti un novienādo reakciju vienādojumus cianīda jona oksidēšanai ar permanganāta jonu a) skābā vidē, b) neitrālā vidē, pieņemot, ka cianīdjons tiek oksidēts par OCN^- (nav svarīgi vai par fulminātu vai cianātu) (4 p.)

a) $2 \text{ MnO}_4^- + 5 \text{ CN}^- + 6 \text{ H}^+ \rightarrow 2 \text{ Mn}^{2+} + 5 \text{ CNO}^- + 3 \text{ H}_2\text{O}$ [1 p par pareizām vielām, 1 p par pareizu novienādošanu]

b) $2 \text{ MnO}_4^- + 3 \text{ CN}^- + \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ MnO}_2 + 3 \text{ CNO}^- + 2 \text{ OH}^-$ [1 p par pareizām vielām, 1 p par pareizu novienādošanu]

Stilīgais ķīmiķis Noriss nolēma noteik cianīdu saturu, veicot potenciometrisku titrēšanu. Potenciometriskā titrēšana ir laboratorijā lietota metode analizējamās vielas koncentrācijas noteikšanai. Šajā metodē netiek izmantots ķīmiskais indikators. Tā vietā tiek mērītas elektriskā potenciāla izmaiņas.

Stilīgais ķīmiķis Noriss ņēma 0,210 gramus baltā pulvera un titrēja to ar 0,100 M sudraba nitrāta šķīduma, šķīdumā notiekot sekojošai reakcijai: $Ag^+ + 2CN^- \rightarrow [Ag(CN)_2]^-$. No potenciometra datiem stilīgais ķīmiķis Noriss ieguva sekojošu potenciāla atkarību no pieliktā sudraba nitrāta šķīduma tilpuma (mL):



5. Kādēļ mainās potenciāls? (1 p.)

Potenciālu var izteikt kā darbu, ko var veikt lādiņš, dažādiem joniem, šī spēja veikt darbu atšķiras.

Der arī atbilde, ka joniem ir atšķirīgi oksidēšanās potenciāli.

6. Izmanto potenciometriskās titrēšanas rezultātus un nosaki, kāds ir cianīdjonu saturs paraugā (izteikts kā KCN masas daļa)! (4 p.)

No grafika var nolasīt, ka ekvivalences punkts ir pie 15.5 ml, tātad $V = 0.0155$ L [1 p]

$$n_{Ag^+} = c_{Ag^+} V_{Ag^+} = 0.10 * 0.0155 = 0.00155 \text{ mol [1 p]}$$

$$n_{CN^-} = 2n_{Ag^+} = 0.0031 \quad [1 \text{ p}]$$

$$m_{KCN} = n_{CN^-} * M_{KCN} = 0.0031 * 65.12 = 0.2019$$

$$w = \frac{m_{KCN}}{m_{paraugs}} * 100\% = \frac{0.2019}{0.2100} * 100\% = 96.1 \% [1 \text{ p}]$$

5. uzdevums**Viss ir šķīstošs****10 punkti**

Nešķīstošas vielas ir viegli pamanīt, jo tās ar ūdeni veido suspensiju. Taču pats koncepts kā tāds nav patiess, jo nav nešķīstošu vielu – ir tikai atšķirīgas šķīdības pakāpes. Mazšķīstošu vielu šķīdību visvienkāršāk ir aplūkot ar līdzsvara izteiksmēm, kurās nešķīstošā daļiņa ir līdzsvarā ar disociētajiem joniem. Šādas līdzsvara konstantes izteiksmes, aprakstītas kā K_{SP} , ir vienkāršākas, jo nešķīstošām daļiņām nav šķīduma koncentrācijas, līdz ar to tās līdzsvara konstantes izteiksmē neņem vērā. Zemāk parādīts piemērs ar mazšķīstoša savienojuma AB_2 šķīdību:



1. Aprēķini AgI šķīdību (mol/L), ja tā šķīdības konstante $K_{SP} = 1,5 \cdot 10^{-16}$ (3 punkti)



Sastāda līdzsvara tabulu, neņemot vērā AgI:

Sākotnēji 0 0

Izmaiņa +x +x

Līdzsvarā x x

Ievietojam līdzsvara izteiksmē un iegūstam $x^2 = 1,5 \cdot 10^{-16}$

Atrisinot, iegūst $x = 1,22 \cdot 10^{-8}$, kas arī ir vienāds ar šķīdību (mol/L).

1 punkts par līdzsvara reakciju, 1 punkts par līdzsvara izteiksmi un 1 punkts par pareizu atbildi.

2. Nosaki, kāda būs AgI šķīdība (mol/L), ja to šķīdinās nevis ūdenī, bet 0,001 mol/L KI šķīdumā. (2 punkti)

Līdzīgi kā iepriekšējā apakšpunktā, tikai šeit jodīda līdzsvara koncentrācija ir nevis x, bet gan $0,001+x$. Līdz ar to iegūstam līdzsvara izteiksmi kā

$$x \cdot (0,001 + x) = 1,5 \cdot 10^{-16}$$

Atrisinot kvadrātvienādojumu, iegūstam $x = 1,5 \cdot 10^{-13}$, kas arī ir šķīdība (mol/L).

1 punkts par līdzsvara izteiksmi un 1 punkts par pareizu atbildi.

3. Sudraba fosfāta piesātinātā šķīdumā fosfātjonu koncentrācija ir $4,26 \cdot 10^{-5}$ mol/L. Aprēķini sudraba fosfāta šķīdības konstanti K_{SP} . (2 punkti)



$$K_{SP} = [Ag^{+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}] = (3x)^3 \cdot x$$

Ievieto x vietā $4,26 \cdot 10^{-5}$ mol/L un iegūst $K_{SP} = 8,89 \cdot 10^{-17}$

1 punkts par K_{SP} izteiksmi un 1 punkts par pareizu atbildi.

4. Aprēķini pH piesātinātam kalcija hidroksīda šķīdumam, ja tā šķīdības konstante $K_{SP} = 5,02 \cdot 10^{-6}$. (3 punkti)



Apzīmē kalcija jonu līdzsvara koncentrāciju ar x:

$$x \cdot (2x)^2 = 5,02 \cdot 10^{-6}$$

Vārds, Uzvārds, Skola _____

Atrisinot, iegūst $x = 0,0108$, līdz ar to $c_{\text{NaOH}} = 2x = 0,0216 \text{ M}$

$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = 1,67$

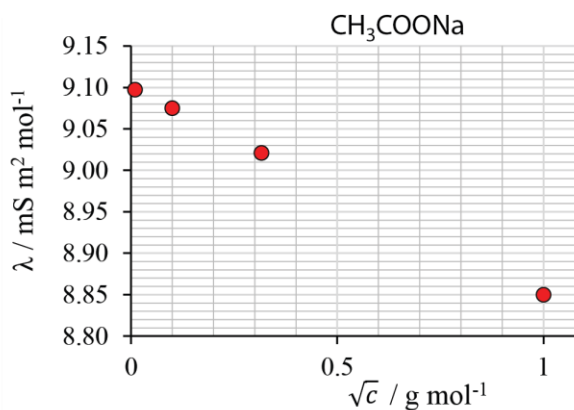
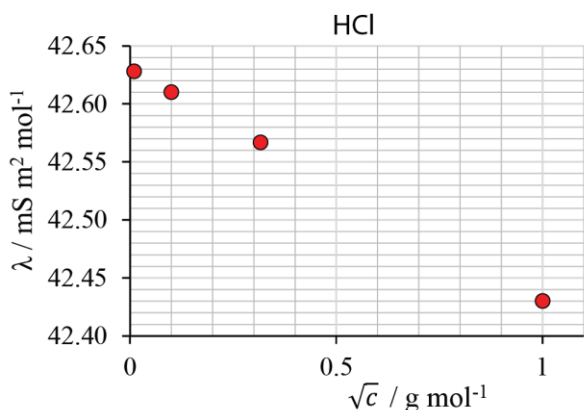
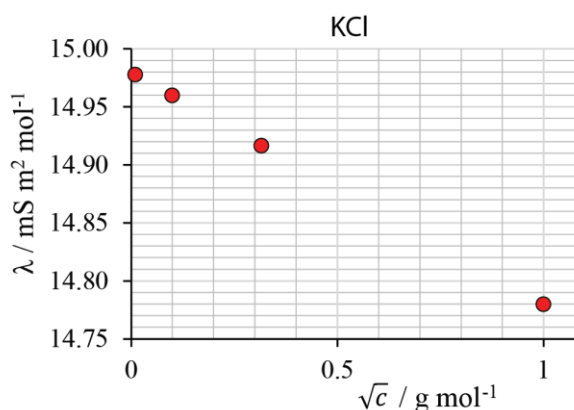
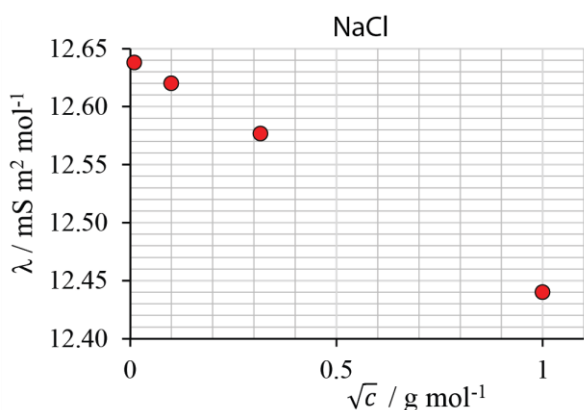
$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12,33$

6. uzdevums**Arī vājie tomēr var!****13 punkti**

Elektrolītu elektriskās strāvas vadīšanas ūdens šķīdumos raksturošanai izmanto elektrovadītspēju κ . Tā kā elektrovadītspēja ir atkarīga no koncentrācijas, vielai raksturīgs lielums ir molārā elektrovadītspēja λ , ko aprēķina kā κ dalījumu ar molāro koncentrāciju c . Katra elektrolīta molārā elektrovadītspēja λ ir aritmētiska summa no to veidojošo jonu molārajām elektrovadītspējām, un bināra 1:1 gadījumā $\lambda = \lambda_+ + \lambda_-$, kur λ_+ un λ_- ir katjona un anjona molārā elektrovadītspēja. Šī sakarība ir spēkā jebkurā koncentrācijā.

Arī molārā elektrovadītspēja λ (un līdzīgi arī λ_+ un λ_-) ir atkarīga no koncentrācijas. Šī iemesla dēļ katram jonam raksturīgs lielums, kurš nav atkarīgs no šķīduma koncentrācijas un citām sastāvdaļas, ir molārā elektrovadītspēja bezgalīgā atšķaidījumā λ_+^∞ un λ_-^∞ , kas ir jonu molārajā elektrovadītspēja tādā šķīdumā, kurā koncentrācija tiecas uz nulli.

Stipriem elektrolītiem λ nedaudz samazinās, palielinot koncentrāciju, jo lielā koncentrācijā jonu mijiedarbības traucē elektrības vadīšanai. Matemātiski λ ir lineāri atkarīgs no $\sqrt{c}$. Tev dots grafiks ar nātrija hlorīda, kālija hlorīda, nātrija acetāta un sālskābes λ atkarību no koncentrācijas kvadrātsaknes.



1. Nosaki, kāda ir katras vielas molārā elektrovadītspēja bezgalīgā atšķaidījumā. (2 p.)

Varam redzēt, ka λ^∞ faktiski atbilst punktam, pie mazākās dotās koncentrācijas. Nolasām, ka:

$$\lambda^\infty(\text{NaCl}) = 12,64 \text{ mS m}^2 \text{mol}^{-1};$$

$$\lambda^\infty(\text{KCl}) = 14,98 \text{ mS m}^2 \text{mol}^{-1};$$

$$\lambda^\infty(\text{HCl}) = 42,63 \text{ mS m}^2 \text{mol}^{-1};$$

$$\lambda^\infty(\text{CH}_3\text{COONa}) = 9,10 \text{ mS m}^2 \text{mol}^{-1}$$

2. Nosaki, kāda ir katra katjona un katra anjona molārā elektrovadītspēja bezgalīgā atšķaidījumā, ja zināms, ka ūdeņraža jonam šis lielums ir septiņas reizes lielāks nekā nātrijam! (3 p.)

Zinām, ka $\lambda^\infty = \lambda_+^\infty + \lambda_-^\infty$ un arī ka $\lambda(\text{H}^+)^\infty = 7 \cdot \lambda(\text{Na}^+)^\infty$

Tātad:

$$\lambda(\text{Na}^+)^\infty + \lambda(\text{Cl}^-)^\infty = 12,64 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}; \quad \lambda(\text{K}^+)^\infty + \lambda(\text{Cl}^-)^\infty = 14,98 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1};$$

$$\lambda(\text{H}^+)^\infty + \lambda(\text{Cl}^-)^\infty = 42,63 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1};$$

$$\lambda(\text{Na}^+)^\infty + \lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-)^\infty = 9,10 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1};$$

Izmantojam to, ka $\lambda(\text{H}^+)^\infty = 7 \cdot \lambda(\text{Na}^+)^\infty$ un iegūstam

$$7\lambda(\text{Na}^+)^\infty + \lambda(\text{Cl}^-)^\infty = 42,63 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

No šī vienādojuma atņemot

$$\lambda(\text{Na}^+)^\infty + \lambda(\text{Cl}^-)^\infty = 12,64 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

Iegūstam:

$$6\lambda(\text{Na}^+)^\infty = 29,99 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$\lambda(\text{Na}^+)^\infty = 5,00 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

Tālāk atrodam:

$$\lambda(\text{H}^+)^\infty = 7 \cdot \lambda(\text{Na}^+)^\infty = 7 \cdot 5,00 = 35,00 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$\lambda(\text{Cl}^-)^\infty = 12,64 - \lambda(\text{Na}^+)^\infty = 7,64 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$\lambda(\text{K}^+)^\infty = 14,98 - \lambda(\text{Cl}^-)^\infty = 7,34 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$\lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-)^\infty = 9,10 - \lambda(\text{Na}^+)^\infty = 4,10 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

Vājiem elektrolītiem, savukārt, λ izteikti samazinās, palielinot koncentrāciju, jo savienojumu disociācijas pakāpe α arī samazinās, palielinot koncentrāciju. Šādos šķīdumos disociācijas pakāpes maiņa ir vienīgais molārās elektrovadītspējas izmaiņu iemesls, turklāt zināms, ka bezgalīgā atšķaidījumā arī vāji elektrolīti disociē pilnībā.

3. Paskaidro, kādēļ samazinoties disociācijas pakāpei α , samazinās arī molārā elektrovadītspēja λ ? (1 p.)

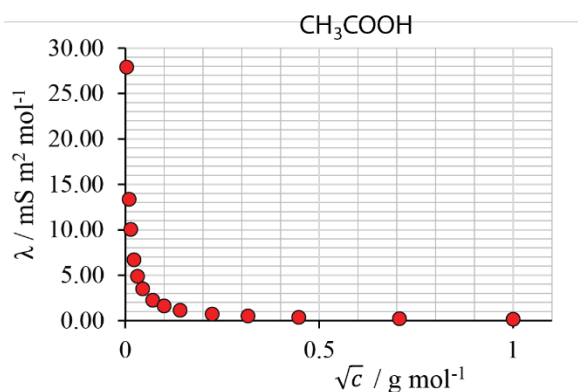
Elektrovadītspēju nodrošina šķīdumā esošie joni. Tā kā to daudzums tieši proporcionāls α , tāpat tieši proporcionāla ir arī molārā elektrovadītspēja.

4. Izmanto doto informāciju un uzraksti a) kāda ir disociācijas pakāpe bezgalīgā atšķaidījumā, un b) kāds vienādojums saista disociācijas pakāpi α , vielas molāro elektrovadītspēju λ un vielas molāro elektrovadītspēju bezgalīgā atšķaidījumā λ^∞ . (2 p.)

$$\alpha^\infty = 1$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} \quad \text{jeb} \quad \lambda = \alpha \cdot \lambda^\infty$$

Tev dots grafiks ar etiķskābes molārās elektrovadītspējas atkarību no koncentrācijas kvadrātsaknes, kā arī skaitliski dažas no grafikā atliktajām vērtībām.



$c / \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$\lambda / \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$
0,0000100	27,90
0,00100	4,88
0,100	0,518

5. Izmanto uzdevumā doto informāciju un aprēķini, kāda ir etiķskābes molārā elektrovadītspēja bezgalīgā atšķaidījumā! (1 p.)

$$\lambda^\infty(\text{CH}_3\text{COONa}) = \lambda(\text{H}^+)^\infty + \lambda(\text{CH}_3\text{COO}^-)^\infty = 35,00 + 4,10 = 39,10 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

6. Aprēķini, kāda ir etiķskābes disociācijas pakāpe, ja šķīduma koncentrācija ir a) 0,0000100 mol L⁻¹; b) 0,00100 mol L⁻¹ un c) 0,100 mol L⁻¹! *Ja neizdevās noteikt, pieņem, ka etiķskābes molārā elektrovadītspēja bezgalīgā atšķaidījumā ir 32,0 mS·m²·mol⁻¹.* (2 p.)

Kā pirmā dota no uzdevuma teksta iegūstamā, kā otrā – lietojot 32,0 mS·m²·mol⁻¹ iegūstamā vērtība:

$$\text{a) } \alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{27,90}{39,10} = \mathbf{0,7136}$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{27,90}{32,00} = 0,872$$

$$\text{b) } \alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{4,88}{39,10} = \mathbf{0,1248}$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{4,88}{32,00} = 0,153$$

$$\text{c) } \alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{0,518}{39,10} = \mathbf{0,01324}$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{0,518}{32,00} = 0,0162$$

7. Izmanto noteikto etiķskābes disociācijas pakāpi un aprēķini, kāda ir etiķskābes disociācijas konstante K_a ! (2 p.)

K_a , α un c saista vienādojums:

$$K_a = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha}$$

Izmanto jebkuru no iepriekšējā punktā dotajām koncentrācijām un iegūst:

$$K_a = \frac{0,1248 \cdot 0,00100}{1 - 0,1248} = \mathbf{1,78 \cdot 10^{-5}}$$

Lietojot no 32,0 mS·m²·mol⁻¹ iegūtās disociācijas pakāpes vērtības, pie katras no koncentrācijām iegūst atšķirīgu K_a vērtību:

$$K_a(0,0000100) = 5,91 \cdot 10^{-5};$$

$$K_a(0,00100) = 2,74 \cdot 10^{-5};$$

$$K_a(0,100) = 2,66 \cdot 10^{-5}$$

7. uzdevums**Kad aktīvais satika neaktīvo****19 punkti**

A ir izteikti neaktīvs metāls, kas reaģē tikai ar spēcīgiem oksidētājiem. **A** reakcijā ar pašu reaģētspējīgāko vienkāršo vielu, gaiši zaļu gāzi **B**, rodas tumši sarkana viegli gaistoša cieta viela **C**. Zināms, ka **A** masas daļa **C** ir 63,12%. **C** reakcijā ar inertu gāzi **D** rodas tikai oranži dzeltena cieta viela **E**, kurā **A** masas daļa ir 44,30 %. Savienojums **E** pirmo reizi tika iegūts 1962. gadā un bija nozīmīgs zinātnisks atklājums, pirmo reizi pierādot kādas vielu klases spēju veidot ķīmiskos savienojumus.

1. Nosaki, kas ir savienojumi **A – E**! (5 p.)

No dotā apraksta nosaka, ka $B = F_2$.

No metāla masas daļas aprēķina, ka $C = PtF_6$ un $A = Pt$.

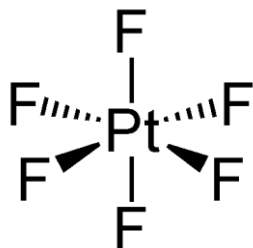
No metāla masas daļas aprēķina, ka $E = XePtF_6$ un $D = Xe$.

Par katru pareizi noteiktu vielu 1 punkts

2. Kādas vielu klases spēju veidot savienojumus pirmo reizi pierādīja **E** iegūšana? (0,5 p.)

Cēlgāžu

3. Uzzīmē **C** Lusīa struktūrformulu un nosaki tā telpisko formu! (0,5 p.)



Molekula ir oktaedriska.

4. Kurš no elementiem ir oksidējies, bet kurš reducējies, veidojoties **E**? (1 p.)

Ja pieņemam, ka $XePtF_6$ sastāv no Xe^+ un PtF_6^- , tad Xe ir oksidējies, bet Pt – reducējies.

Zināms, ka savienojums **E** faktiski sastāv no diviem kompleksiem joniem, no kuriem viens ir lineārs, bet otrs – trigonāla bipiramīda.

5. Kāda būs korekts **E** ķīmiskās formulas pieraksts, kas atbilst dotajam aprakstam? (1 p.)

Tā kā trigonālā bipiramīdā ap centrālo atomu atrodas 5 aizvietotāji, secinām, ka viens no F ir pārgājis pie Xe , veidojot divatomu jonu:

$[XeF][PtF_5]$

6. Nosaki visu **E** ietilpstošo elementu oksidēšanās pakāpes! (1 p.)

Vielā tātad sastāv no joniem $[\text{XeF}]^+$ un $[\text{PtF}_5]^-$, līdz ar ko Xe oksidēšanās pakāpe ir +2, Pt + 4 un F -1. Var piezīmēt, ka šī ir stabilākā Pt oksidēšanās pakāpe.

E reakcijā ar ūdeni izdalās trīs gāzveida vielas – **D**, reaģētspējīga gāze **F** un ļoti koroziīva un toksiska gāze **G**, kā arī rodas tumši brūns oksīds **H**, kurā skābekļa masas daļa ir 14,09%, un kuru izmanto kā katalizatoru. **H** šķīdinot koncentrētā sālsskābē, iegūst komplekso savienojumu **I**, kurā **A** savu oksidēšanās pakāpi nemaina, un kurā **A** masas daļa ir 47,61%. Zināms, ka **I** iegūst arī šķīdinot metālu **A** kādā skābju maisījumā. **I** reakcijā ar koncentrētu amonjaka šķīdumu iegūst citu komplekso savienojumu – savienojuma **J** *cis* izomēru, kurā **A** masas daļa ir 52,60%.

7. Uzraksti savienojumu **F** – **J** ķīmiskās formulas! (4 p.)

F = O_2 (0,5 punkti)

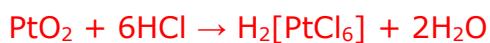
G = HF (0,5 punkti)

H = PtO_2 (1 punkts)

I = $\text{H}_2[\text{PtCl}_6]$ (1 punkts)

J = $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ (1 punkts)

8. Uzraksti **E** reakcijas ar ūdeni, kā arī **I** un **J** veidošanās reakciju vienādojumus! (3 p.)

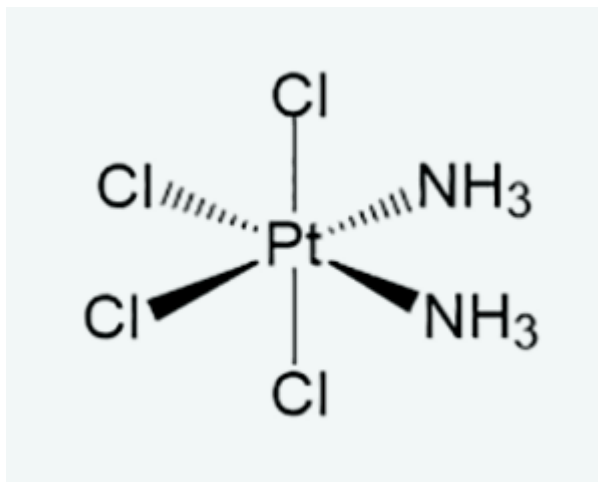
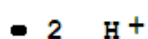
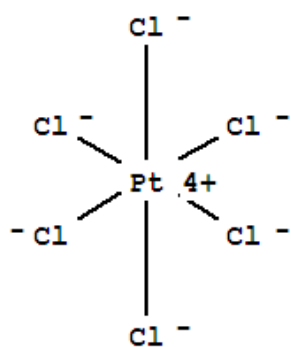


9. Kuri elementi un kā maina oksidēšanās pakāpes **E** reakcijā ar ūdeni? (1 p.)

Xe reducējas (no +2 uz 0)

O oksidējas (no -2 uz 0)

10. Skaidri uzzīmē **I** un **J** telpisko uzbūvi! (2 p.)



Gan $[\text{PtCl}_6]^{2-}$, gan ir $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ ir oktaedriski.

Jāievēro, ka cis- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$ abi NH_3 atrodas blakus esošās oktaedra virsotnēs.

8.3.2.1./16/I/002

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO TALANTU
ATTĪSTĪBAI

Vārds, Uzvārds, Skola:

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.

KĪMIJAS 63. OLIMPIĀDES
VALSTS POSMA 12. KLASES UZDEVUMI

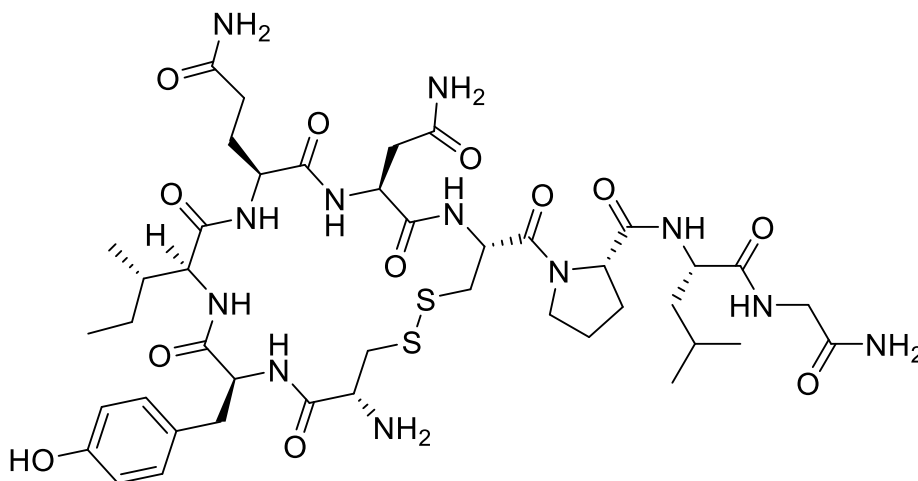
Kopā: 93 punkti

1. uzdevums

Jūtu ķīmija

7 punkti

Oksitocīns ir peptīdisks hormons, kurš bieži tiek saukts par “mīlestības hormonu”, jo tas iesaistīts sociālās saiknes veidošanā, reprodukcijā, dzemdībās un periodā pēc dzemdībām. Sintētisku oksitocīnu dažkārt lieto kā zāles dzemdību procesu uzlabošanai. Oksitocīna struktūra ir parādīta attēlā zemāk.



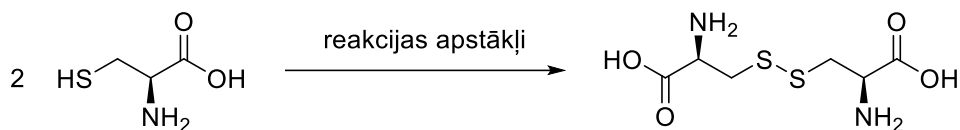
1. Nosaki, cik stereocentru (hirālo atomu) ir oksitocīna molekulā. (1 punkts)

9 (1 punkts)

2. Nosaki, no cik aminoskābēm sastāv oksitocīns. (1 punkts)

9 (1 punkts)

Lielākā daļa reakciju oksitocīna sintēzē ir amīdsaites veidošanas reakcijas starp aminoskābēm. Izņēmums ir disulfīda tiltiņa (-S-S-) sintēze no diviem cisteīna atlikumiem. Attēlā zemāk ir parādīta līdzīga reakcija, kurā divas cisteīna molekulas reaģē, izveidojot cisteīna disulfīdu:



3. No dotajiem apstākļiem izvēlies, ar kuriem iespējams veikt disulfīda sintēzi (viena vai vairākas pareizas atbildes). (1 punkts)

- ☐ H₂, Pd/C
- ☐ Toluols, karsēšana
- ☐ 1 M HCl ūdens šķīdums
- ☐ O₂, NaOH
- ☐ Etiķskābe, etanols
- ☐ CH₃Br, NaH

1 punkts par O₂, NaOH (-0,5 punkti ja vēl kāds; taču nav mazāk par 0)

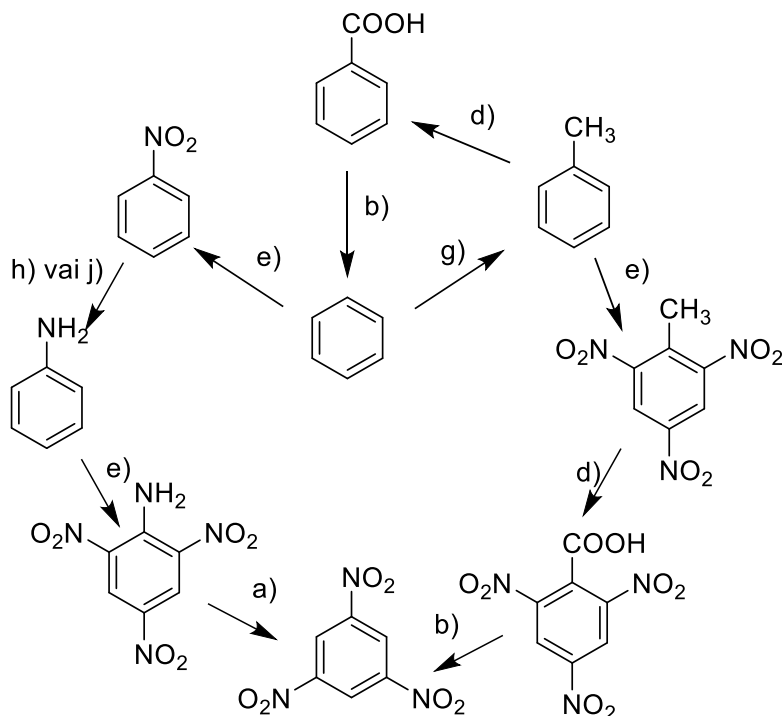
Oksitocīns reaģē gan ar skābēm, gan bāzēm, veidojot jonus.

4. Uzzīmē, kādi joni veidojas, oksitocīnam reaģējot ar a) HCl un b) K₂CO₃. *Nezīmē visu struktūru, bet tikai fragmentu, kurš izmainās.* (4 punkti)

a) 2 punkti 1 punkts, ja ir protonēts amīds caur O	b) 2 punkti 1 punkts, ja ir deprotonēts amīds caur N
---	---

2. uzdevums **Viens gredzens, lai pārvaldītu visus** **16 punkti**

Tev dota šāda ķīmisko pārvērtību virkne, kurā **A – D** apzīmē kādu funkcionālo grupu.



1. Atšifrē funkcionālās grupas **A – D**! (4 p)

A – CH₃; B – NH₂; C – NO₂; D – COOH

2. No piedāvātajiem variantiem, izvēlieties piemērotus reaģentus un/vai apstākļus pārvērtību īstenošanai un norādiet attiecīgo burtu (a), b), c)...) virš bultas augstāk dotajā shēmā!
Vienu un to pašu reaģentu iespējams izmantot vairākkārt. (10 p.)

a. 1) NaNO₂, H⁺; 2) H₃PO₂

f. 1)NaOH, CO₂, spiediens 2) H⁺;

b. karsēšana

g. CH₃Br, AlBr₃

c. CH₃COCl, FeCl₃

h. Zn, HCl

d. KMnO₄, H⁺

i. Br₂

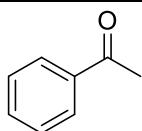
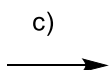
e. HNO₃, H₂SO₄

j. H₂, katalizators

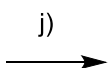
Risinājums dots shēmā.

3. Izvēlieties vienu reaģentu un/vai apstākļu variantu (a), b), c)...) , ko tu neizmantoji shēmā, un uzraksti produktu, ko iegūs šo reakciju veicot ar benzolu! Nosauc iegūto produktu! (2 p.)

Iespējamās vairākas atbildes, ja skolēns shēmā nav norādījis pārvērtības a), b), d), e), g), h), j), bet šeit ir pareizi uzzīmēta un nosaukta struktūra, tad par šo jautājumu tiek piešķirti pilni punkti [1 p par pareizu reakciju, 1 p par pareizu produkta nosaukšanu]



1-Feniletān-1-ons/
Fenilmetilketons/
Acetofenons



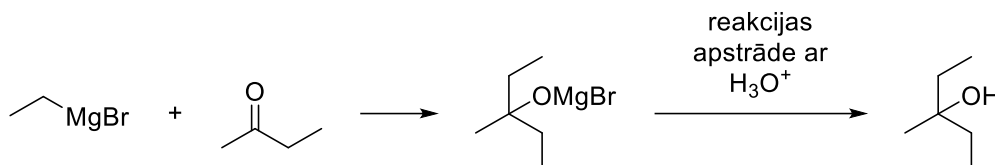
cikloheksāns

Broms bez katalizatora ar benzolu nereagēs.

3. uzdevums**Inertā titrēšana****8 punkti**

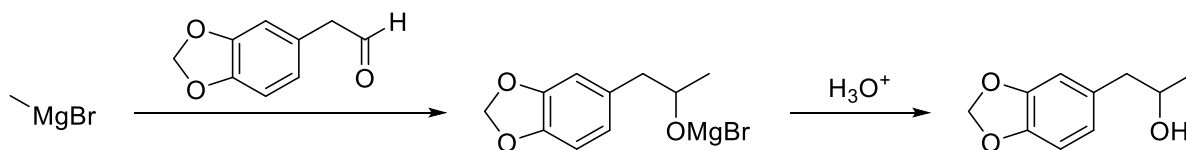
Parasti titrēšanu veic ar bireti, Mora pipeti un visiem pārējiem klasiskajā titrēšanā nepieciešamajiem instrumentiem, bet tiem ir liels trūkums - tie nav hermētiski noslēdzami. Bet ko darīt, ja jātitrē viela, kas reaģē ar kādu no gaisa sastāvdaļām?

Šajā uzdevumā apskatīsim vienu no metālorganisko savienojumu grupām – Grinjāra reaģentus. Šos reaģentus vispārīgā formulā var aprakstīt kā $R-MgX$, kur R ir oglekļa ķēde vai arēns un X ir kāds halogēns. Šie reaģenti ir stipras bāzes un ļoti labi nukleofili, piemēram, reakcijās ar karbonilgrupām (1. attēlā).



1.att. Etilmagnija bromīda reakcija ar butanonu, kā piemērs Grinjāra reakcijai.

Vienkāršākais Grinjāra reaģentu iegūšanas veids ir tiešā reakcijā starp alkil vai aril halīdu un magniju karsējot. Šī reakcija ir jāveic inertā atmosfērā, lai nenotiktu Grinjāra reaģenta sadalīšanās. Laboratorijā veicamajai sintēzei (2. attēlā) bija nepieciešams sintezēt Grinjāra reaģentu - metilmagnija bromīdu. Reaģents tika iegūts, suspendējot magnija skaidiņas dietilēterī un tām pievienojot metilbromīdu.



2.att. Laboratorijā veicamā sintēze, kurai nepieciešams metilmagnija bromīds.

Lai veiksmīgi varētu veikt nepieciešamo reakciju, vispirms jānoskaidro iegūtā Grinjāra reaģenta koncentrācija. To var izdarīt, Grinjāra reaģentu titrējot.

Titēšanu veica sekojoši: 1 mililitrā sausa dietilētera izšķīdināja 86,42 mg joda, šķīdumam iekrāsojoties tumši sarkanīgam. Šim šķīdumam lēnām ar graduētu šļirci pievienoja metilmagnija bromīda šķīdumu ēterī līdz brīdim, kad viss jods bija atkrāsojies, patērējot 0,40 mL ar oriģinālo Grinjāra reaģenta šķīdumu. Notikušajā reakcijā tika iegūti divi neorganiski sāļi **A** un **B**, kā arī viens organisks produkts **C**. **B** molmasa ir par 94 g/mol lielāka nekā **A** molmasa, savukārt savienojums **C** ir tetraedrisks un tajā oglekļa masas daļa ir 8,45%.

1. Atšifrē savienojumus **A**, **B** un **C**! (3 p.)

A... $MgBr_2$

B... MgI_2

C... MeI vai CH_3I

3 punkti, 1 punkts par katru

2. Uzraksti titrēšanas gaitā notikušās reakcijas vienādojumu! (1 p.)

$2MeMgBr + 2I_2 \rightarrow 2MeI + MgBr_2 + MgI_2$

1 punkts, 0,5 punkti, ja 1) produkts dots kā $MgBrI$ vai 2) nav izlikti koeficienti

3. Kāda bija izmantotā Grinjāra reaģenta koncentrācija? Parādi aprēķinu gaitu! (1 p.)

$n(I_2) = n(MeMgBr)$

$n(I_2) = m/M = 86.42/(127 \cdot 2) = 0,3402 \text{ mmol}$

$$c(\text{MeMgBr}) = n/V = 0.3402/0.4 = \mathbf{0,851 \text{ mol/L}}$$

1 punkts

Iegūtais Grinjāra reaģents tiek izmantots, saskaņā ar shēmu 2. attēlā. Reakcijā izmantoja 0,028 mmol aldehīda.

4. Aprēķini, cik mL iegūtā Grinjāra reaģenta jāizmanto reakcijā, ja tas ar aldehīdu reaģē attiecībā 1:1. (1 p.)

$$c = n/V \text{ tātad } V = n/c$$

Tā kā attiecība ir 1:1 tad

$$V(\text{MeMgBr}) = 0.028/0.8505 = \mathbf{0,033 \text{ mL}}$$

1 punkts

5. Kā jau minēts iepriekš, tad, strādājot ar Grinjāra reaģentiem, tas ir jādara inertas gāzes atmosfērā. Mini vienu piemēru gāzei, kuras atmosfērā varētu droši strādāt ar šiem reaģentiem! (1 p.)

Slāpekļis vai argons, bet ir vēl pāris varianti.

1 punkts par jebkuru inertu gāzi

6. Pamato ar reakcijas vienādojumu, kāpēc Grinjāra reaģenti nav stabili ūdens vidē! (1 p.)

Tā kā grinjāri ir arī spēcīgas bāzes ne tikai labi nukleofīli, tad viņi var deprotonēt ūdeni, kas arī notiek balstoties uz zemāk norādīto reakciju:



vai



1 punkts; 0,5 punkti, ja nav izlikti koeficienti

4. uzdevums**Sašķidrinī metālus!****12 punkti**

Laboratorijā tika atrasts kāds paraugs, kas bija divu periodiskajā sistēmā vienā periodā gandrīz blakus esošu metālu **A** un **B** sakausējums, kuru izmanto jutīgu elektronisko iekārtu ekranēšanai pret magnētisko lauku. Veica šo metālu atdalīšanu. Paraugu ar masu 2,59 g sākumā sasmalcināja smalkā pulverī, tad to pārnese augstspiediena reaktorā ar tilpumu 1,00 litrs. Reaktoru noslēdza un tajā ievadīja tīru oglekļa monoksīdu, tā lai tā spiediens reaktora iekšienē pirms reakcijas 120 °C temperatūrā būtu 5,00 bāri. Reakcijas laikā uzturēja 120 °C temperatūru. Reakcijā izreaģēja **A** un viss reaktorā iepildītais oglekļa monoksīds, un radās gāzveida savienojums **X**. Pēc reakcijas samazināja temperatūru un no reaktora izdalīja **X** kā bezkrāsainu šķidrumu. **X** ir kompleksais savienojums ar vienu centrālo atomu, un tajā metāla **A** masas daļa ir 34,39%.

Tālāk reaktoru atkārtoti noslēdza un tajā iepildīja oglekļa monoksīdu tā, lai tā spiediens reaktora iekšienē pirms reakcijas 190 °C temperatūrā būtu 200,0 bāri. Reakcijas laikā uzturēja 190 °C temperatūru. Reakcijā izreaģēja **B** un radās gāzveida savienojums **Y**, un spiediens reaktorā samazinājās līdz 199,05 bar. Pēc reakcijas samazināja temperatūru un no reaktora izdalīja **Y** kā salmu krāsas šķidrumu. Arī **Y** ir kompleksais savienojums ar vienu centrālo atomu, un tajā metāla **B** masas daļa ir 28,51%.

Var atzīmēt, ka reakcijas, kurās rodas **X** un **Y** formāli nav oksidēšanās – reducēšanās reakcijas. Izskarsējot savienojumus **X** un **Y**, var iegūt ļoti tīrus metālus **A** un **B**.

1. Kāpēc metālu sakausējuma paraugs pirms reakcijas tika sasmalcināts? (1 p.)

Lai palielinātu parauga virsmas laukumu. Viela ar lielāku virsmas laukumu reaģēs ātrāk, par vielu ar mazāku virsmas laukumu.

2. Nosaki, kas ir metāli **A** un **B**, un kas – savienojumi **X** un **Y**! (4 p.)

Metālu reakcijā ar CO veidojas metālu karbonili, līdz ar ko vispārīgi to formulas varam pierakstīt kā $A(CO)_x$ un $B(CO)_y$, jo zināms, ka tie abi satur vienu centrālo atomu (karboniliem iespējamas arī komplicētākas struktūras).

Izmantojot to, ka **A** masas daļa savienojumā **X** ir 34,39% un **B** masas daļa savienojumā **Y** ir 28,51%, atrodam metālus.

Metāla **A** masas daļa karbonilā **X** ir:

$$w_A = \frac{A_A}{A_A + x \cdot M_{CO}}$$

Izsakot metāla atommasu, iegūstam:

$$A_A = \frac{x \cdot w_A \cdot M_{CO}}{1 - w_A}$$

Identisku izteiksmi iegūstam arī **B** masas daļai savienojumā **Y** un pārbaudam metāla atommasu, kas atbilst dažādām x un y vērtībām:

x	M_A g/mol		y	M_B g/mol	
1	14,7		1	11,2	
2	29,4		2	22,3	Na
3	44,0	(Sc)	3	33,5	
4	58,7	Ni	4	44,7	(Sc)
5	73,4	(Ge)	5	55,8	Fe
6	88,1	(Sr)	6	67,0	
7	102,7	Rh	7	78,2	
8	117,4		8	89,3	γ

Lai gan katram no metāliem varam apsvērt vairākas iespējas, precīzu atommasu iegūstam, ja **A = Ni**. Metālam **B** pēc atommasām ir vairāki iespējamie varianti, taču uzdevuma nosacījumiem atbilst **B = Fe**.

3 punkti

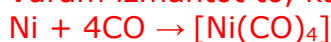
Tātad **A** = [Ni(CO)₄] un **B** = [Fe(CO)₅].

1 punkts

3. Nosaki, kāds ir analizētā **A** un **B** sakausējuma sastāvs masas daļās!

(2 p.)

Varam izmantot to, ka reakcijā



Tiek patērēts viss reaktorā iepildītais CO daudzums, kas ir vienāds ar:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{500 \text{ kPa} \cdot 1,00 \text{ L}}{8,314 \text{ L kPa mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot (273,15 + 120) \text{ K}} = 0,1530 \text{ mol}$$

Tātad pēc reakcijas vienādojuma Ni daudzums ir 4 reizes mazāks, un tā masa ir:

$$m = n \cdot A = \frac{0,1530}{4} \cdot 58,7 = 2,245 \text{ g}$$

Tātad $w_{\text{Ni}} = \frac{2,245}{2,59} = 0,867 = 86,7\%$ un

$$w_{\text{Fe}} = 100 - w_{\text{Ni}} = 13,3\%$$

2 punkti

Papildus varam pārlicināties, ka aprēķinot to no otras reakcijas iegūstam identisku rezultātu. Reakcijas apstākļos [Fe(CO)₅] rodas gāzveidā, līdz ar to izreaģējot 1 ekvivalentam Fe spiediens samazināsies atbilstoši 4 ekvivalentu gāzes molu zaudēšanai no reakcijas maisījuma.



$$\Delta n = \frac{\Delta pV}{RT} = \frac{(200 - 199,05) \cdot 100 \text{ kPa} \cdot 1,00 \text{ L}}{8,314 \text{ L kPa mol}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot (273,15 + 190) \text{ K}} = 0,02467 \text{ mol}$$

$$m = n \cdot A = \frac{0,02467}{4} \cdot 55,85 = 0,345 \text{ g}$$

$$w_{\text{Fe}} = \frac{0,345}{2,59} = 0,133 = 13,3\%$$

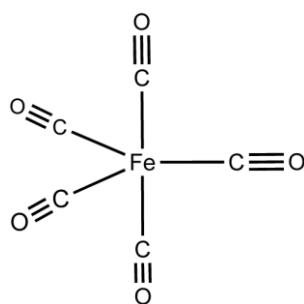
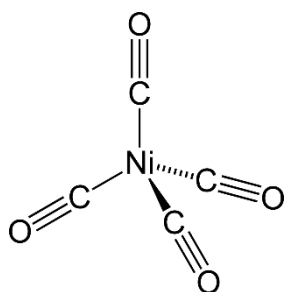
4. Kāda ir metālu **A** un **B** oksidēšanās pakāpe savienojumos **X** un **Y**?

(1 p.)

Metālu oksidēšanās pakāpe karbonilos ir vienāda ar 0.

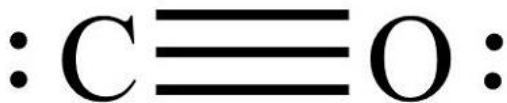
5. Uzskatāmi attēlo **X** un **Y** telpisko uzbūvi.

(1 p.)



[Ni(CO)₄] ir tetraedrisks, bet [Fe(CO)₅] – trigonāla biparamīda.

6. Uzzīmē oglekļa monoksīda Luisa struktūrformulu. Nosaki, starp kādiem atomiem un kā veidojas donor-akceptor saite, veidojoties kompleksajiem savienojumiem **X** un **Y**. (2 p.)



Tā kā ogleklis struktūrā ir negatīvs, bet skābeklis – pozitīvs, tieši oglekļa nedalītais pāris ir donora-akceptora saites elektronu pāra donors, kamēr metāla atoms ir akceptors.

7. Aprēķini, kāds bija spiediens reaktorā pēc **X** iegūšanas 120 °C temperatūrā! (1 p.)

Tā kā pēc reakcijas vienīgais gāzveida produkts bija $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$, tad spiedienu noteikts tā daudzums, kas vienāds ar Ni daudzumu, kas izreaģēja, ko iegūām jau iepriekš.

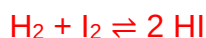
$$n_x = \frac{0,1530}{4} = 0,03825 \text{ mol}$$

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,03825 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ L kPa mol}^{-1}\text{K}^{-1} \cdot (273,15 + 120) \text{ K}}{1,00 \text{ L}} = 125,03 \text{ kPa}$$

5. uzdevums**Viss ir līdzsvarā****9 punkti**

Līdzsvara konstante ūdeņraža reakcijai ar jodu pie 600°C ir 70,0.

1. Uzraksti norādīto līdzsvara reakciju. (1 punkts)



1 punkts; 0,5 punkti, ja nav izlikti koeficienti

2. Aprēķini, cik daudz joda (%) ir izreaģējis, reakcijai sasniedzot līdzsvaru, ja izejvielas tiek sajauktas pie 600°C attiecībā

a) 1 : 1

b) 2 : 1 (ūdeņraža divreiz vairāk kā joda) (4 punkti)

a) Apzīmējam ar c sākotnējo koncentrāciju un x izmaiņu:

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = c - x$$

$$[\text{HI}] = 2x$$

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{4x^2}{(c-x)^2}$$

$$\sqrt{K} = \frac{2x}{c-x}$$

$$x = \frac{\sqrt{70} \cdot c}{2 + \sqrt{70}}$$

$$\frac{x}{c} = 0,807 = 80,7\%$$

1 punkts par sastādītu līdzsvara konstantes izteiksmi, 1 punkts par pareizu atbildi

b)

$$[\text{H}_2] = 2c - x \quad [\text{I}_2] = c - x$$

$$[\text{HI}] = 2x$$

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{4x^2}{(2c-x)(c-x)}$$

Atrisinot, iegūst $x = 0,951c$

$$\frac{x}{c} = 0,951 = 95,1\%$$

1 punkts par sastādītu līdzsvara konstantes izteiksmi, 1 punkts par pareizu atbildi

3. Aprēķini, cik molu ūdeņraža jā sajauc ar vienu molu joda, lai 99% no joda izreaģētu, līdz reakcijas līdzsvars ir iestājies (pie 600°C)? (2 punkti)

$$[\text{H}_2] = xc - 0,99c \quad [\text{I}_2] = c - 0,99c$$

$$[\text{HI}] = 1,98c$$

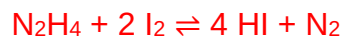
$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{1,98^2 \cdot c^2}{c^2 \cdot (1 - 0,99) \cdot (x - 0,99)} = \frac{1,98^2}{0,01 \cdot (x - 0,99)}$$

$$x = 6,59 \text{ mol H}_2$$

2 punkti par pareizu risinājumu

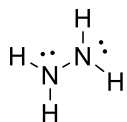
Jodūdeņraža sintēzē parasti gan ūdeņraža vietā tiek izmantots hidrazīns N_2H_4 . Šādā līdzsvara reakcijā veidojas vēl kāda gāze.

4. Uzraksti minēto reakcijas vienādojumu. (1 punkts)



1 punkts par vienādojumu; 0,5 punkti, ja nav izlikti koeficienti

5. Uzzīmē hidrazīna struktūru, norādot nedalītos elektronu pārus. (1 punkts)



1 punkts; 0,5 punkti, ja nav norādīti nedalītie elektronu pāri

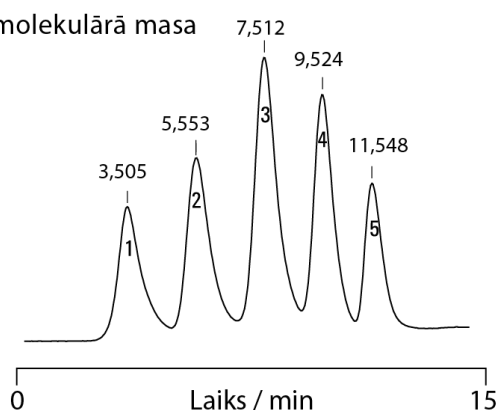
6. uzdevums**Biomolekulas medības****14 punkti**

Pēteris vēlējās raksturot kādu tikko izdalītu proteīnu. Aplūkosim dažus no rezultātiem, kurus viņš ieguva:

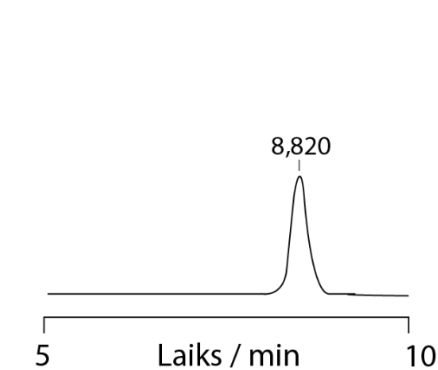
Proteīna molekulmasas noteikšanai viņš nolēma izmantot gēla caurlaidības hromatogrāfiju, kur izdalīšanās laiks (min) hromatogrāfiskajā kolonnā ir lineāri saistīts ar molekulāras masas decimāllogaritmu. Šai metodē sākotnēji veica standarta analīzi, kurā ietilpst vairāki proteīnu paraugi ar zināmu molekulāro masu, un tad veica pētāmā proteīna parauga analīzi. Analizēja 5 standartu maisījumu ar dažādu molekulāro masu, ieguva zemāk pa kreisi doto hromatogrammu, kurā parādīta katram signālam atbilstošā molekulārā masa (kreisajā malā) un izdalīšanās laiks (virs signāla).

Signālam atbilstošā molekulārā masa

- 5. 542 490
- 4. 110 110
- 3. 22 560
- 2. 4 820
- 1. 960



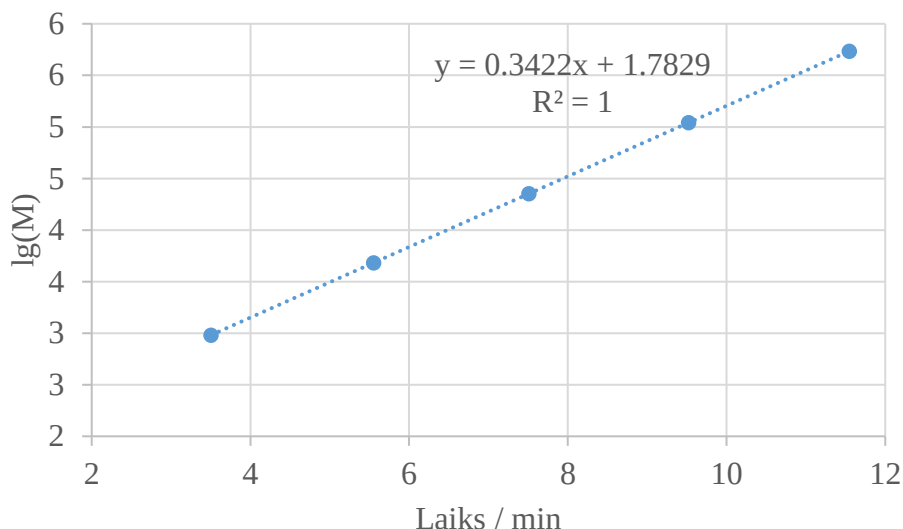
Standartu maisījuma hromatogramma



Proteīna parauga hromatogramma

1. Izmanto doto informāciju un nosaki proteīna molekulāro masu (g/mol). (3 p.)

Varam pārbaudīt, ka visi punkti atrodas uz taisnes.



Taisnes slīpums, kas raksturo, par cik pieaug $\lg(M)$ vērtība, izdalīšanas laikam pieaugot par 1 minūti, varam aprēķināt izmantojot datus no, piem., pirmā un pēdējā signāla.

$$\frac{\Delta \lg M}{\Delta t} = \frac{\lg 542\,490 - \lg 960}{11,548 - 3,505} = \frac{5,734 - 2,982}{8,043} = 0,3422$$

Tāda proteīna molmasu, kas izdalās pie eksperimentāli novērotā laika varam aprēķināt, pie $\lg(M)$ pirmajam signālam pieskaitot $\frac{\Delta \lg M}{\Delta t}$ reizinājumu ar laika proteīna laika un pirmā signāla laika starpību:

$$\lg M_{prot} = \lg M_1 + \frac{\Delta \lg M}{\Delta t} (t_{prot} - t_1) = \lg 960 + 0,3422 \cdot (8,820 - 3,505) = 4,801$$

$$M = 10^{4,801} = 63210 \text{ g mol}^{-1}$$

Tāpat Pēteris šo proteīnu šķīdināja etanolā un mērīja iegūtā šķīduma osmotisko spiedienu π . Šķīdumu pagatavoja, ņemot 1,34 mg proteīna un šķīdinot etanolā, līdz tā tilpums sasniedza 5,00 mL. Šķīduma osmotiskais spiediens 25,0 °C temperatūrā bija 0,126 kPa. Arī no šiem datiem Pēteris aprēķināja molekulāro masu, un secināja, ka šajā šķīdumā proteīns bija zaudējis savu ceturtējo struktūru, sadaloties individuālās polipeptīdu ķēdēs.

2. Aprēķini molmasu polipeptīdam, kāds tas pastāv šajā šķīdumā! *Šādos apstākļos proteīns šķīdumā darbojas kā neelektrolīts.* (2 p.)

Osmotiskais spiediens ir vienāds ar:

$$\pi = i \cdot c \cdot R \cdot T$$

Tā kā proteīns ir neelektrolīts, tā $i = 1$. No molārās koncentrācijas izteiksmi varam pārvieot un, lietojot modificēto formu, izteikt molmasu:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$\pi = i \cdot \frac{m}{M \cdot V} \cdot R \cdot T$$

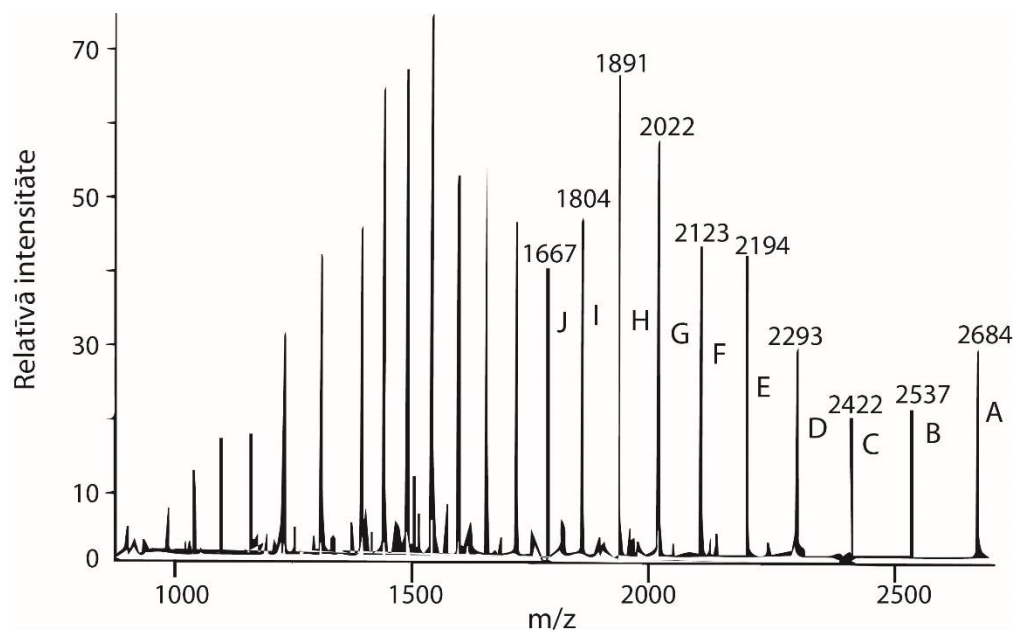
$$M = i \cdot \frac{m}{\pi \cdot V} \cdot R \cdot T = 1 \cdot \frac{1,34 \cdot 10^{-3}}{0,126 \cdot 5,00 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,314 \cdot 298,15 = 5272 \text{ g mol}^{-1}$$

3. Nosaki, cik polipeptīdu ķēdes veido analizētā proteīna ceturtējo struktūru! *Zināms, ka visas proteīnu veidojošās polipeptīdu ķēdes ir identiskas!* (1 p.)

Tā kā vienas polipeptīda ķēdes molmasa ir 5272 g mol⁻¹, kamēr visa proteīna 63 210 g mol⁻¹, proteīnā ietilpstošo polipeptīda ķēžu skaitu iegūst, izdalot abas vērtības: 63 210/5272 = **12**.

1 punkts, ja dots vesels skaitlis

Lai noteiktu aminoskābju sekvenci (secību) polipeptīda ķēdē, Pēteris izmantoja masspektroskopijas metodi. Tev dota daļa no proteīna masspektra, kurā uzrādītas masas un lādiņa attiecības m/z vērtības raksturīgam fragmenjonam A, kas rodas no polipeptīda masspektroskopijas apstākļos, kā arī vēl 9 fragmentjoniem B – J, katrs no kuriem atbilst kādas vienas aminoskābes atlikuma *zaudēšanai*. Visu fragmentjonu lādiņš ir +1, līdz ar to m/z vērtība atbilst fragmentjona molekulmasai. Pārējās līnijas ignorē!



4. Izmanto doto masspektru un informāciju par aminoskābju atlikumu masām (uzdevuma beigās, *noapaļo tās līdz veselam skaitlim*) un nosaki, kāda ir aminoskābes molmasa, kuras zaudēšanai atbilst blakus signāli **B – J**. (2 p.)

Atrodam m/z starpības starp katriem 2 blakus esošiem signāliem, kas vienādas ar aminoskābes molmasu – 18 (jo veidojoties polipeptīdam, aminoskābe zaudē savu OH grupu, kā arī vienu no NH_2 grupas H atomiem)

	m/z	$\Delta m/z$	$M(\text{aminosk}) / \text{g/mol}$
A	2684		
B	2537	147	165
C	2422	115	133
D	2293	129	147
E	2194	99	117
F	2123	71	89
G	2022	101	119
H	1891	131	149
I	1804	87	105
J	1667	137	155

5. Nosaki, kādas aminoskābes ietilpst analizētajā polipeptīda daļā, kā arī kāda ir to sekvenca! Pieraksti sekvenci tā, ka tā atbilst aminoskābju zaudēšanai, sākot ar aminoskābi, kas tiek zaudēta, no A veidojoties B! (2 p.)

Izmanto tabulu un atrod kādas aminoskābes zaudēšanai atbilst katra signāla starpība

	m/z	$\Delta m/z$	$M(\text{aminosk}) / \text{g/mol}$	Aminoskābe
A	2684			
B	2537	147	165	Phe
C	2422	115	133	Asp
D	2293	129	147	Glu
E	2194	99	117	Val
F	2123	71	89	Ala

G	2022	101	119	Thr
H	1891	131	149	Met
I	1804	87	105	Ser
J	1667	137	155	His

1,5 punkti

Sekvence, tātad, ir:

Phe-Asp-Glu-Val-Ala-Thr-Met-Ser-His

0,5 punkti

Lai raksturotu proteīna elektriskās īpašības, proteīnu ievietoja buferšķīdumos, kas bija pagatavoti no Na_2HPO_4 un NaH_2PO_4 dažādās attiecībās. Zināms, ka šī buferšķīdumā skābju-bāzu līdzsvars atbilst H_2PO_4^- daļiņas darbībai kā skābei, kura var disociēt, zaudējot protonu. Fosforskābes $\text{pK}_{a,1} = 2,14$, $\text{pK}_{a,2} = 7,20$ un $\text{pK}_{a,3} = 12,37$. Buferšķīduma pH aprēķināšanai parasti izmanto vienādojumu $\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{bāze}]}{[\text{skābe}]}$, kur pK_a ir atbilstošās skābes disociācijas konstante.

Katrā buferšķīdumā noteica proteīna migrācijas ātrumu (relatīvās vienībās) elektiskās strāvas ietekmē. Zināms, ka proteīna migrācijas ātrums ir lielāks, jo ir lielāks proteīna aminoskābju atlikumos ietilpstošo funkcionālo grupu pozitīvā vai negatīvā lādiņa pārsvars. Nomērītie migrācijas ātrumi doti tabulā.

$\text{c}(\text{NaH}_2\text{PO}_4) / \text{M}$	$\text{c}(\text{Na}_2\text{HPO}_4) / \text{M}$	Migr. ātr. / rel.v.	$\text{c}(\text{NaH}_2\text{PO}_4) / \text{M}$	$\text{c}(\text{Na}_2\text{HPO}_4) / \text{M}$	Migr. ātr. / rel.v.
10	90	5,20	60	40	2,95
20	80	4,50	70	30	2,93
30	70	4,03	80	20	3,40
40	60	3,65	90	10	4,10
50	50	3,30			

6. Kāda daļiņa šajā buferšķīdumā atbilst bāzei?

(1 p.)

 HPO_4^{2-}

7. Aprēķini katra izmantotā buferšķīduma pH!

(1 p.)

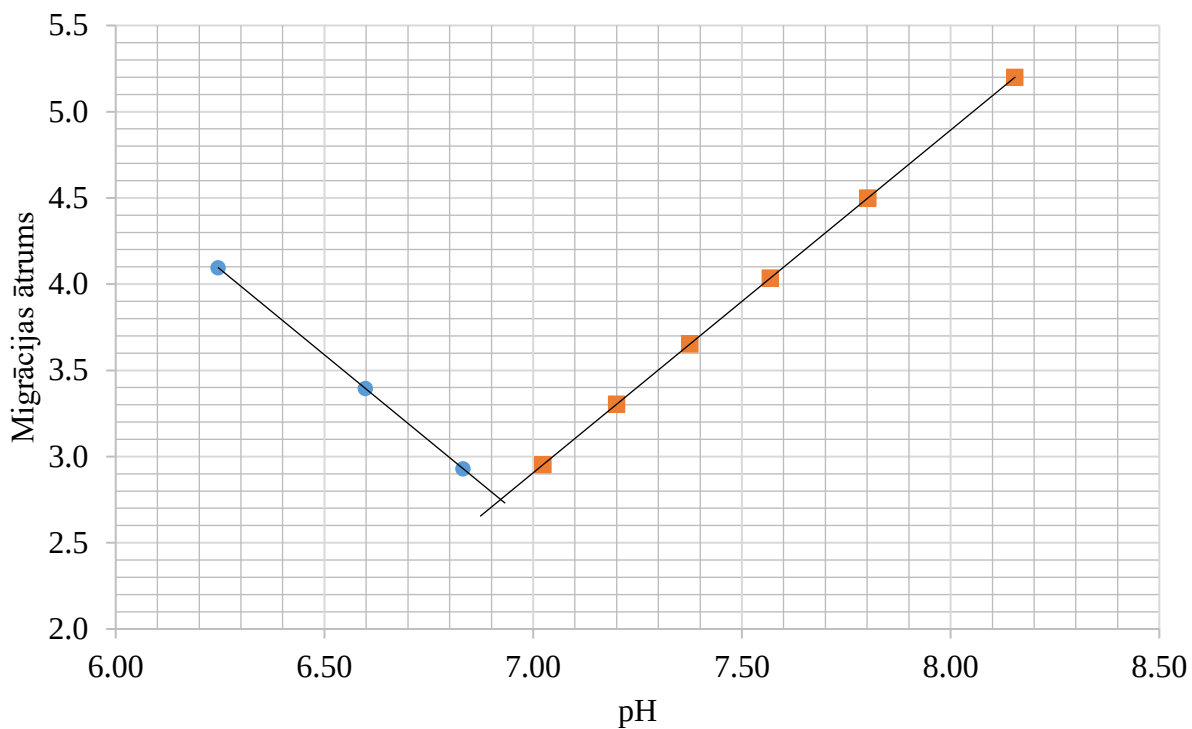
Buferšķīdumu pH aprēķināšanai izmanto vienādojumu $\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{bāze}]}{[\text{skābe}]}$, izmantojot to, ka šajā buferšķīdumā skābe ir H_2PO_4^- , bāze HPO_4^{2-} , un skābes pK_a attiecīgi otrā fosforskābes disociācijas konstante 7,20. Iegūst:

$[\text{NaH}_2\text{PO}_4]$	$[\text{Na}_2\text{HPO}_4]$	pH	$[\text{NaH}_2\text{PO}_4]$	$[\text{Na}_2\text{HPO}_4]$	pH
10	90	8,15	60	40	7,02
20	80	7,80	70	30	6,83
30	70	7,57	80	20	6,60
40	60	7,38	90	10	6,25
50	50	7,20			

8. Nosaki proteīna izoelektrisko punktu (pI), kas atbilst pH vērtībai, kurā proteīns ir elektriski neitrāls!

(2 p.)

Grafiski atliek proteīna migrācijas ātrumu atkarībā no šķīduma pH.



Var redzēt, ka, ejot no galējām pH vērtībām uz vidu, migrācijas ātrums lineāri samazinās. Izmantojot to, nosaka, ka minimums būs pie pH = **6,92**, kas ir arī meklētā pI vērtība.

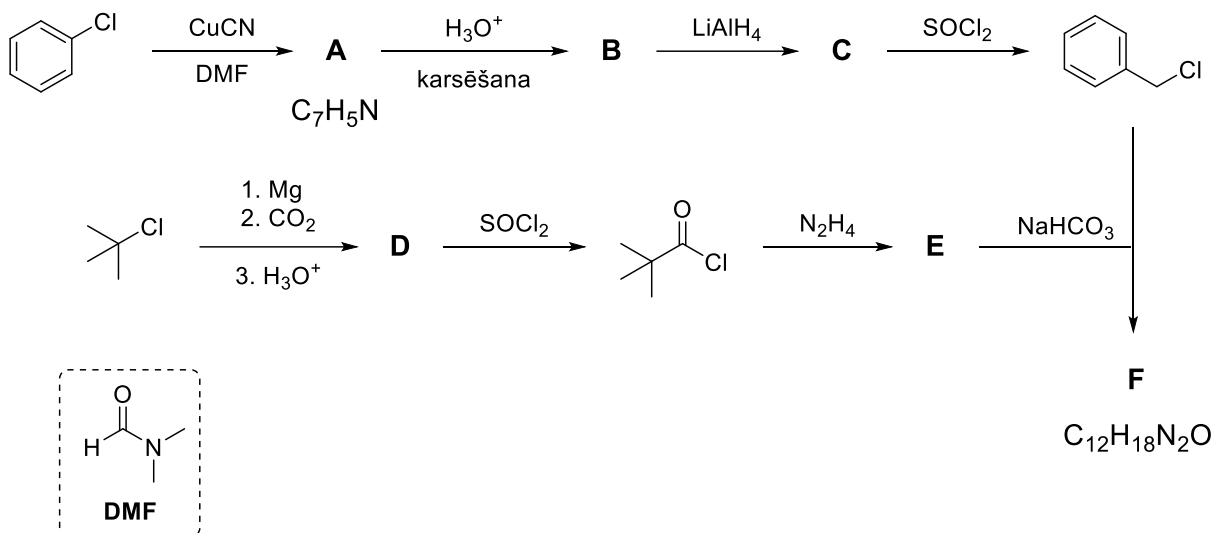
Aminoskābju molmasas

Nosaukums	Saīsinājums	Molmasa (g/mol)	Nosaukums	Saīsinājums	Molmasa (g/mol)
Alanīns	Ala	89,09	Izoleicīns	Ile	131,17
Arginīns	Arg	174,2	Leicīns	Leu	131,17
Asparagīns	Asn	132,12	Lizīns	Lys	146,19
Asparagīnskābe	Asp	133,1	Metionīns	Met	149,21
Cisteīns	Cys	121,16	Prolīns	Pro	115,13
Fenilalanīns	Phe	165,19	Serīns	Ser	105,09
Glicīns	Gly	75,07	Tirozīns	Tyr	181,19
Glutamīns	Gln	146,15	Treonīns	Thr	119,12
Glutamīnskābe	Glu	147,13	Triptofāns	Trp	204,23
Histidīns	His	155,16	Valīns	Val	117,15

7. uzdevums**Kāds sen aizmirsts antidepresants****10 punkti**

Mūsdienās ļoti liela farmācijas zāļu sfēra ir antidepresanti. Bet šī medikamentu klase ne būs nav mūsdienās izstrādāta. Jau pagājušā gadsimta vidū šāda veida zāles bija pieejamas. Kāds konkrēts savienojums, kas shēmā apzīmēts ar burtu **F**, tika relatīvi plaši izmantots kā antidepresants pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados, mūsdienās tam ir atrasti dažādi aizstājēji. Tas darbojas kā ne-selektīvs mono-amino oksidāzes (MAO) inhibitors.

Zemāk norādīts šī sen aizmirstā antidepresanta sintēzes shēma. Izpētiet shēmu un izpildiet zem shēmas dotos uzdevumus!



1. Piedāvā reducēšanas reaģenta LiAlH_4 struktūru.

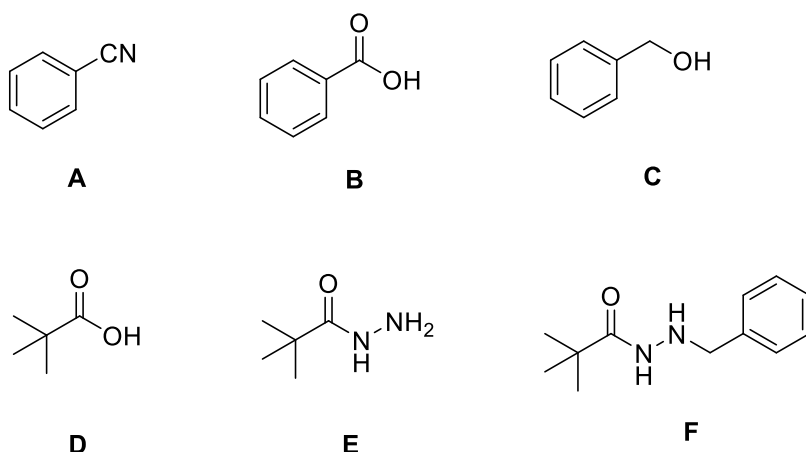
(1 p.)

$\text{Li}^+ [\text{AlH}_4]^-$

1 punkts; 0,5 punkti, ja ir atsevišķi LiH un AlH_3

2. Atšifrē un uzzīmē **A – F** struktūras!

(6 p.)



1 punkts par katru struktūru

3. Kāda ir DMF loma **A** iegūšanas reakcijā?

(1 p.)

- ☒ Šķīdinātājs
- ☐ Oksidētājs
- ☐ Reducētājs
- ☐ Nukleofils
- ☐ Elektrofils
- ☐ Bāze
- ☐ Skābe

4. Kādi blakusprodukta veidojas reakcijā starp **C** un SOCl_2 ?

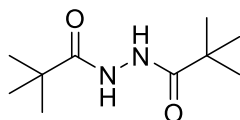
(1 p.)

SO_2 un HCl (0,5 punkti par katru)

Reakcijā **E** iegūšanai hidrazīns N_2H_4 ir jāizmanto lielā pārākumā pret izejvielu. Ja reakcijā izmanto hidrazīnu 1:1 vai mazāk, tad veidojas ievērojams daudzums organiska blakusprodukta.

5. Piedāvā šī blakusprodukta struktūru.

(1 p.)



1 punkts

8. uzdevums**Cianīdu Noriss****17 punkti**

Stilīgo ķīmiķi Norisu allaž ir fascinējuši cianīdi (pētnieciskos nolūkos). Viens no pielietojumiem, ko viņš vēlas izmēģināt ir zelta šķīdināšana.

1. Uzraksti un novienādo reakcijas vienādojumu zelta šķīdināšanai kālija cianīda ūdens šķīdumā gaisa klātbūnē, ja zināms, ka veidojas ūdenī šķīstošs kālija dicianoaurāts(I)! (2 p.)

$4 \text{ Au} + 8 \text{ KCN} + \text{O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{ K}[\text{Au}(\text{CN})_2] + 4 \text{ KOH}$ [1 p par pareizām vielām, 1 p par pareizu novienādošanu]

Stilīgajam ķīmiķim Norisam paveicās iegūt baltu pulveri, kurā tika apgalvots, ka tas satur cianīdus. Stilīgais ķīmiķis Noriss nolēma analītiski pārbaudīt cianīdu saturu pulverī. Titrēt ar skābi viņš tomēr nevēlējās...

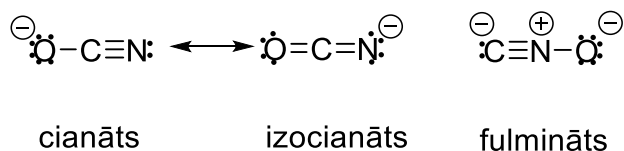
2. Kāpēc nav ieteicams titrēt cianīdus ar skābi? (1 p.)

Veidojas HCN - zilskābe jeb ciānūdeņradis, kas ir stipra inde - tas iedarbojas nāvējoši pat par 0,05 g mazākās devās. [1 p]

Titrēt ar bāzi viņš arī nevēlējās.

Noriss zināja, ka cianīdu oksidēšana ir iespējama. Tomēr, ja oksidējoties skābeklis pievienojas oglekļa atomam, tiek iegūts cianāts, savukārt ja slāpekļa atomam, tad fulmināts. Cianāti pastāv līdzsvarā ar izocianātiem (tās ir tautomērās formas). Fulmināta, cianāta un izocianāta anjoniem ir identisks sastāvs (pa vienam oglekļa, skābekļa un slāpekļa atomam) un summārais lādiņš (−1), tomēr atšķiras to struktūrformulas.

3. Attēlo fulmināta un izocianāta anjona struktūras, neaizmirstiet norādīt visus nedalītos elektronu pārus un pareizu bultu tautomēro formu attēlošanai! (5 p.)



[0.5 p par struktūru, 0.5 p par pareizu elektronu un lādiņu izvietošanu, 0.5p par pareizu nosaukuma un struktūras kombināciju, 0.5p par tautomērās bultas attēlošanu, kopā 5p]

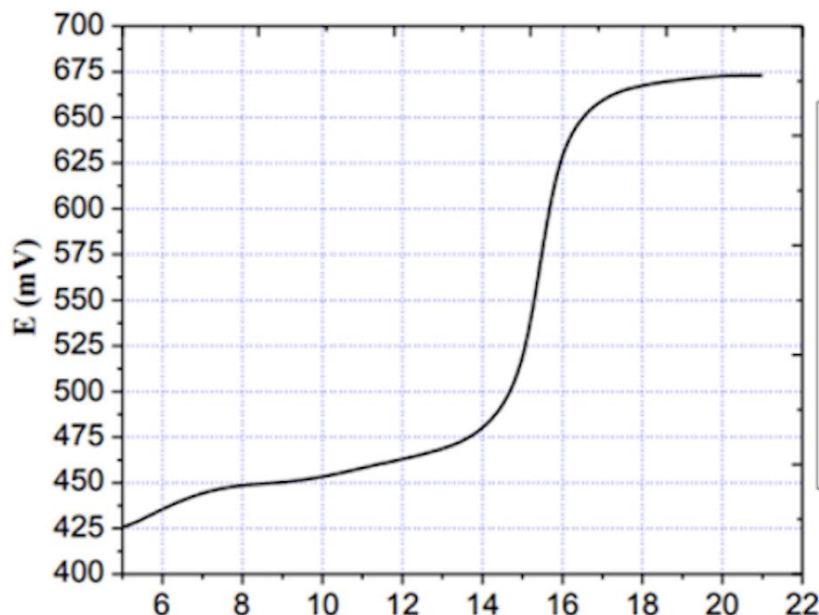
4. Uzraksti un novienādo reakciju vienādojumus cianīda jona oksidēšanai ar permanganāta jonu a) skābā vidē, b) neitrālā vidē, pieņemot, ka cianīdjons tiek oksidēts par OCN^- (nav svarīgi vai par fulminātu vai cianātu) (4 p.)

a) $2 \text{ MnO}_4^- + 5 \text{ CN}^- + 6 \text{ H}^+ \rightarrow 2 \text{ Mn}^{2+} + 5 \text{ CNO}^- + 3 \text{ H}_2\text{O}$ [1 p par pareizām vielām, 1 p par pareizu novienādošanu]

b) $2 \text{ MnO}_4^- + 3 \text{ CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ MnO}_2 + 3 \text{ CNO}^- + 2 \text{ OH}^-$ [1 p par pareizām vielām, 1 p par pareizu novienādošanu]

Stilīgais ķīmiķis Noriss nolēma noteikt cianīdu saturu, veicot potenciometrisku titrēšanu. Potenciometriskā titrēšana ir laboratorijā lietota metode analizējamās vielas koncentrācijas noteikšanai. Šajā metodē netiek izmantots ķīmiskais indikators. Tā vietā tiek mērītas elektriskā potenciāla izmaiņas.

Stilīgais ķīmiķis Noriss ņēma 0,210 gramus baltā pulvera un titrēja to ar 0,100 M sudraba nitrāta šķīduma, šķīdumā notiekot sekojošai reakcijai: $Ag^+ + 2CN^- \rightarrow [Ag(CN)_2]^-$. No potenciometra datiem stilīgais ķīmiķis Noriss ieguva sekojošu potenciāla atkarību no pieliktā sudraba nitrāta šķīduma tilpuma (mL):



5. Kādēļ mainās potenciāls? (1 p.)

Potenciālu var izteikt kā darbu, ko var veikt lādiņš, dažādiem joniem, šī spēja veikt darbu atšķiras.

Der arī atbilde, ka joniem ir atšķirīgi oksidēšanās potenciāli.

6. Izmanto potenciometriskās titrēšanas rezultātus un nosaki, kāds ir cianīdjonu saturs paraugā (izteikts kā KCN masas daļa)! (4 p.)

No grafika var nolasīt, ka ekvivalences punkts ir pie 15.5 ml, tātad $V = 0.0155$ L [1 p]

$$n_{Ag^+} = c_{Ag^+} V_{Ag^+} = 0.10 * 0.0155 = 0.00155 \text{ mol [1 p]}$$

$$n_{CN^-} = 2n_{Ag^+} = 0.0031 \quad [1 \text{ p}]$$

$$m_{KCN} = n_{CN^-} * M_{KCN} = 0.0031 * 65.12 = 0.2019$$

$$w = \frac{m_{KCN}}{m_{paraugs}} * 100\% = \frac{0.2019}{0.2100} * 100\% = 96.1 \% [1 \text{ p}]$$