

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 sāļsskābē. 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 tātad 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 nereāģē).

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 CO_2 , **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:

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

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 YCO_3 daudzumā arī ir 20 reizes, un to daudzuma attiecība abos maisījumos ir identiska, varam aprēķināt YO daudzumu kā:

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

(Ar 2 daļa saskaņā ar titrēšanas reakcijas vienādojumu)

Atrodam YO molmasu un Y atommasu:

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

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

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 vienādojumus 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:

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

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

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

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

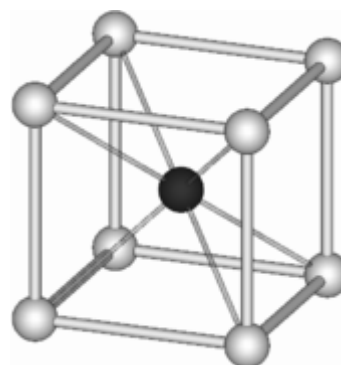
$$n_2 = \frac{10,0 - 0,05491 M_1}{M_2 - M_1} = \frac{10,0 - 7,589}{231,0 - 138,2} = \frac{2,411}{92,8} = 0,0260 \text{ mol}$$

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

Tātad $w(Rb_2CO_3) = 60,0\%$ un $w(K_2CO_3) = 40,0\%$.

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 kuba 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)

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

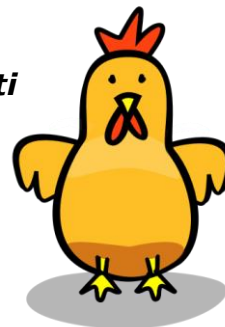
2 punkti par atbildi, kas izriet no iepriekšējo punktu norādītajām atbildēm, ja risinājums ir pareizs

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.

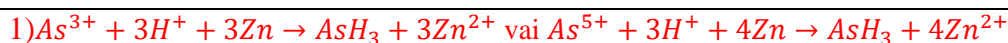
Pēc Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestādes (EFSA) atzinuma pagaidu maksimālā pieļaujamā nedēļas deva arsēnam – 15 µg/kg ķermeņa svara.

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

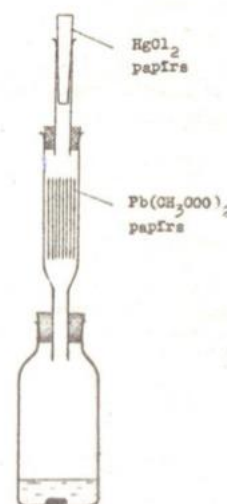
$$70 \cdot 15 / 7 = 150 \text{ µg (1.p.)}$$

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**.

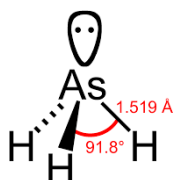
2. Uzraksti vienādojumus **A** un **B** iegūšanai. (4 p.)



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 izreaģē 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. Uzraksti formulu savienojumam, kas var veidoties uz $HgCl_2$ papīriņa, gadījumā ja analizējama paraugs satur arsēnu! (1 p.)

Var veidoties pilnīgas vai daļējas apmaiņas produkti, 1 p par jebkuru no sekojošajiem:
 $AsH_2(HgCl)$, $AsH(HgCl)_2$, $As(HgCl)_3$, As_2Hg_3

6. Gan Mārša testā, gan analizē ar Zangera un Bleka aparātiņu, 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. Uzraksti 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+}
 $AsH_3 + 6AgNO_3 + 3H_2O \rightarrow H_3AsO_3 + 6Ag + 6HNO_3$

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.)

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

$$n_{As} = n_{AsH_3} = \frac{n_{Ag}}{6} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{6} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = 0.01 \text{ mmol} \text{ 0.5p}$$

Vārds, Uzvārds, Skola _____

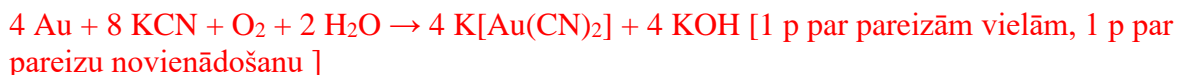
$$m_{As} = n_{As} * M_{As} = 1 * 10^{-5} * 75 = 7.5 * 10^{-4} g = 0.75 mg \text{ 0.5p}$$

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.)



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...

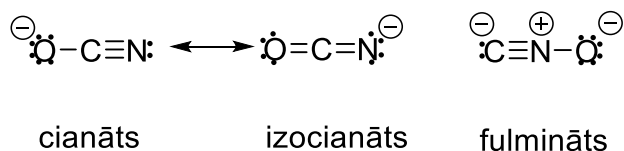
2. Kāpēc nav ieteicams titrēt cianīdus ar skābi? (1 p.)

Veidojas HCN - zilskābe jeb cianūdeņradis, 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...*

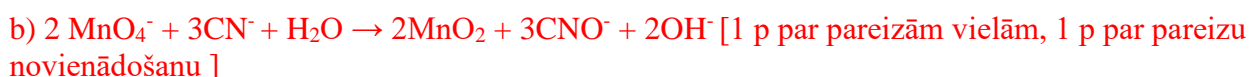
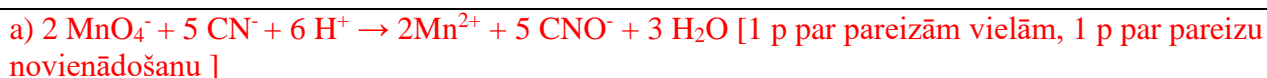
Noriss zināja, ka cianīdu oksidēšana ir iespējama. Tomēr, ja oksidējoties skābeklis pievienojas oglekļa atomam, tiek iegūts cianāts, savukārt ja slāpekļa atomam, tad fulmināts. Cianāti pastāv līdzsvarā ar izocianātiem (tās ir tautomērās formas). Fulmināta, cianāta un izocianāta anjoniem ir identisks 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.)



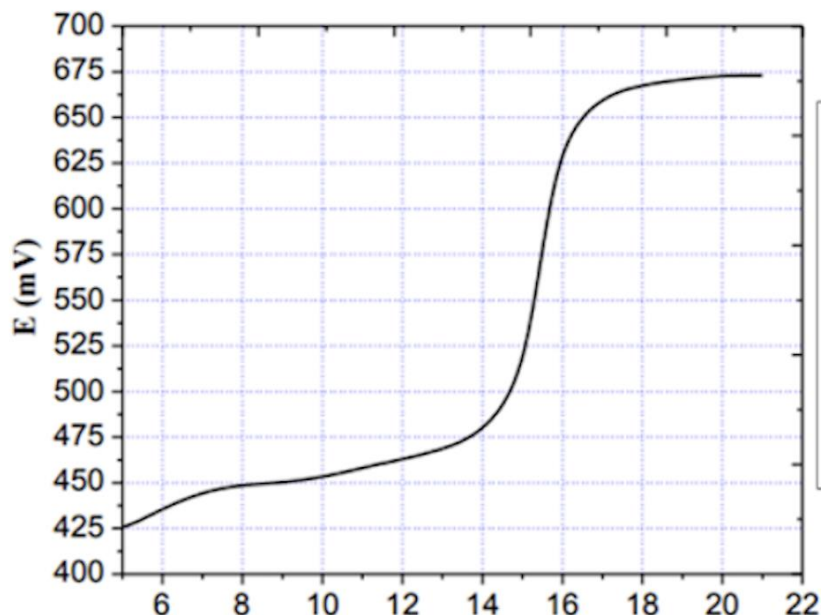
[0.5 p par struktūru, 0.5 p par pareizu elektronu un lādiņu izvietojumu, 0.5p par pareizu nosaukuma un struktūras kombināciju, 0.5p par tautomērās bultas attēlojumu, kopā 5p]

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.)



Stilīgais ķīmiķis Noriss nolēma noteik cianīdu saturu, veicot potenciometrisko 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 $V = 0.0155 \text{ L}$ [1 p]

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

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

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

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

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 $c_{\text{NaOH}} = 2x = 0,0216 \text{ M}$

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

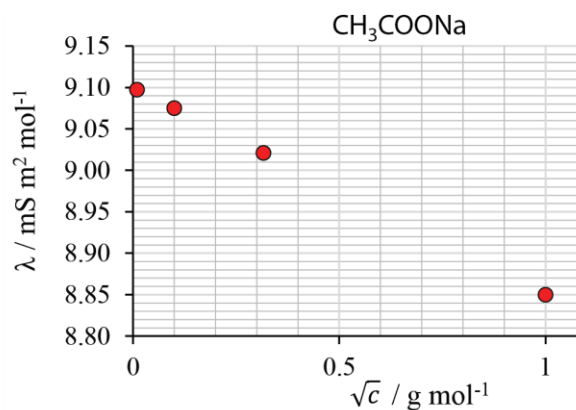
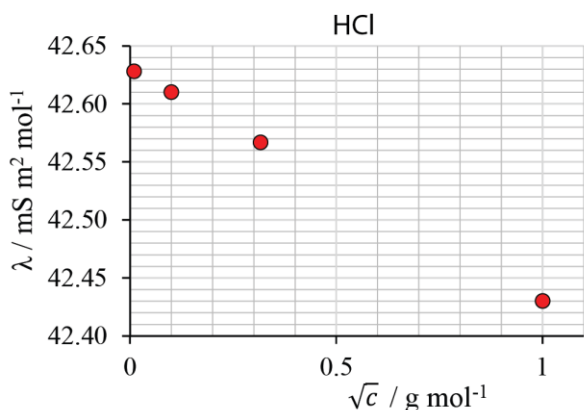
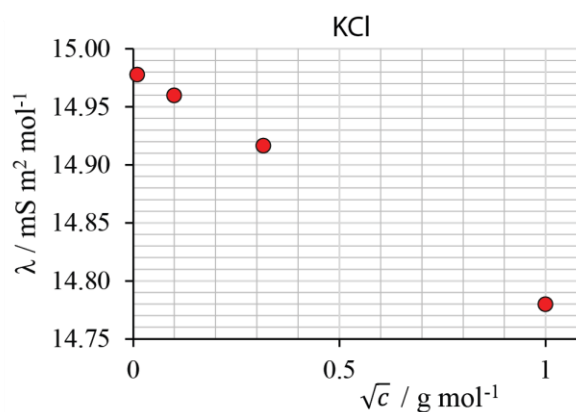
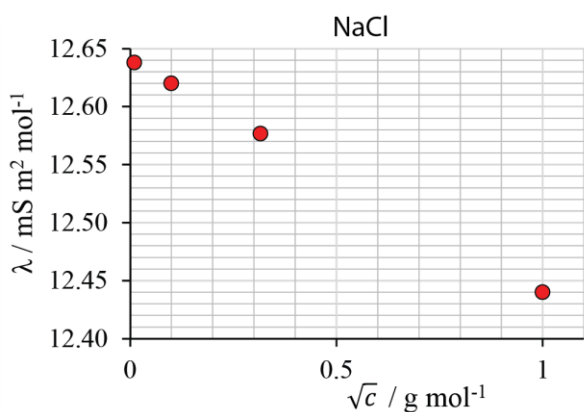
$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12,33$

6. uzdevums**Ari 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 sāļsskābes 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.)

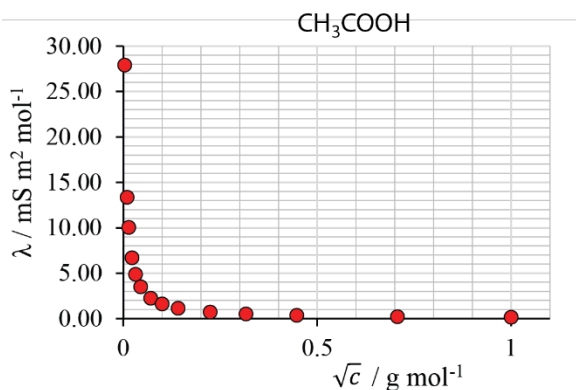
Elektrovadītspēju nodrošina šķīdumā esošie joni. Tā kā to daudzums tieši proporcionāls α , tāpat tieši proporcionāla ir arī molārā elektrovadītspēja.

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:

a) $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{27,90}{39,10} = \mathbf{0,7136}$ $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{27,90}{32,00} = 0,872$

b) $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{4,88}{39,10} = \mathbf{0,1248}$ $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty} = \frac{4,88}{32,00} = 0,153$

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:

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

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

K_a(0,0000100) = 5,91·10⁻⁵;

K_a(0,00100) = 2,74·10⁻⁵;

K_a(0,100) = 2,66·10⁻⁵

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 $A = Pt$.

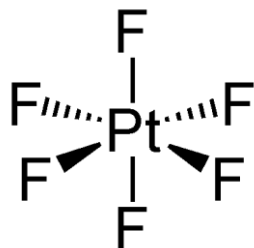
No metāla masas daļas aprēķina, ka $E = XePtF_6$ un $D = Xe$.

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 oktaedriskā.

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:



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 korozīva 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)

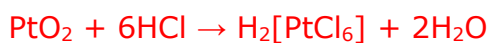
G = HF (0,5 punkti)

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.)

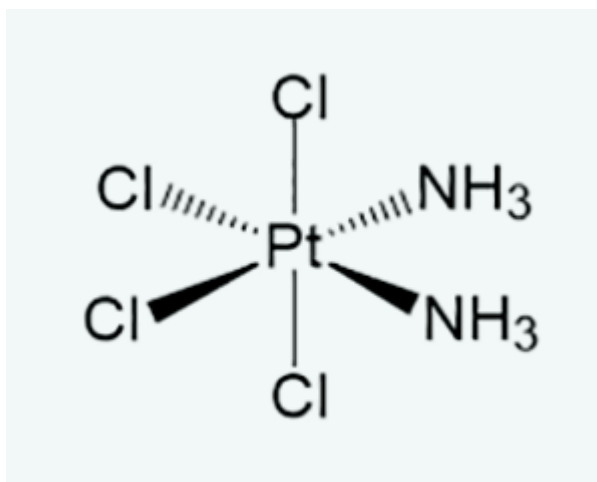
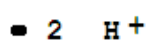
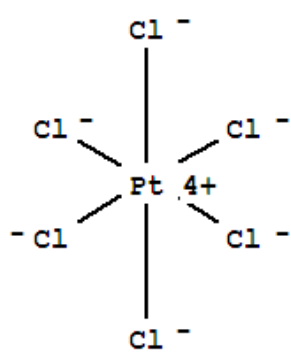


9. Kuri elementi un kā maina oksidēšanās pakāpes **E** reakcijā ar ūdeni? (1 p.)

Xe reducējas (no +2 uz 0)

O oksidējas (no -2 uz 0)

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



Gan $[PtCl_6]^{2-}$, gan ir $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$ ir oktaedriski.

Jāievēro, ka cis- $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$ abi NH₃ atrodas blakus esošās oktaedra virsotnēs.