

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. Palīdzī Ilzei un nosaki, kas ir metāls **X**!

(3 p.)

Marija paņēma kāda nezināma sārmezemju 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.)

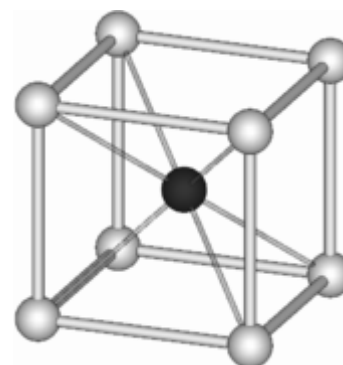
3. Aprēķini, kāda daļa (daudzumdaļa) no sākotnējā traukā esošā **A** bija pārvērtusies par **B**! (2 p.)

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.)

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

Šajā uzdevumā apskatīsim kāda nezināma metāla hlorīda uzbūvi kristāliskā stāvoklī. Šis kristāls ir **tilpumpcentrēts 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. 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: (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)

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

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

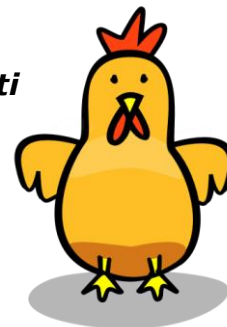
5. Aprēķini šī metāla hlorīda blīvumu g/mL. (2 punkti)

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

### 3. uzdevums

### Arsēns un vistas filejas

14 punkti



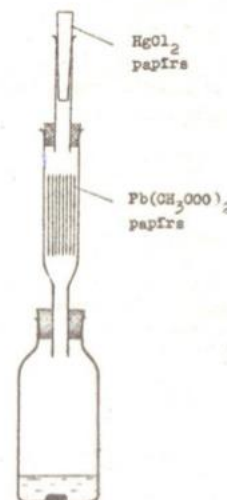
Nelielos daudzumos arsēns ir sastopams dažādos pārtikas produktos, t.sk. rīsos, aļģēs un jūras veltēs.

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.)

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.)



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

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  $HgBr_2$  papīri. 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.)

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

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

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.)

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

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

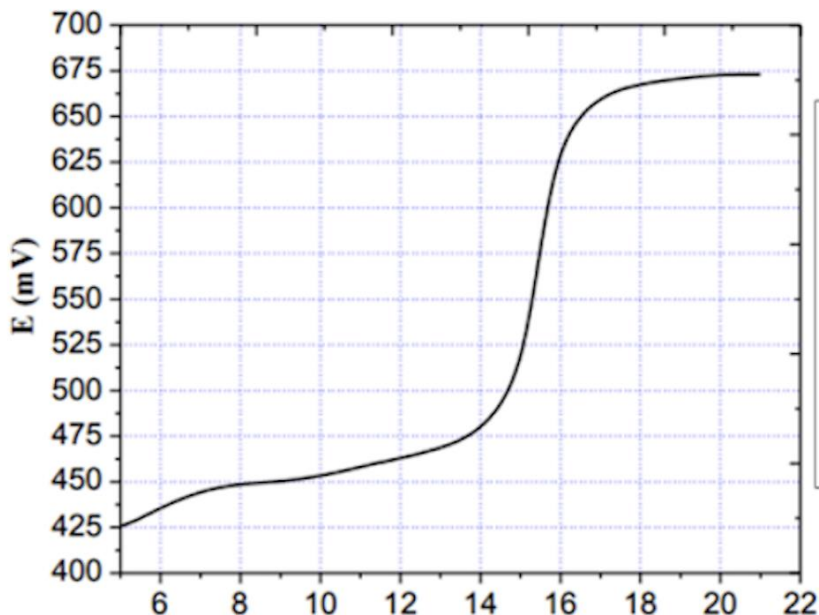
Noriss zināja, ka cianīdu oksidēšana ir iespējama. Tomēr, ja oksidējoties skābeklis pievienojas oglekļa atomam, tiek iegūts cianāts, savukārt ja slāpekļa atomam, tad fulmināts. Cianāti pastāv līdzsvarā ar izocianātiem (tās ir tautomērās formas). Fulmināta, cianāta un izocianāta anjoniem ir identisks 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 nedalītus elektronu pārus un pareizu bultu tautomēro formu attēlošanai! (5 p.)

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

Stilīgais ķīmiķis Noriss nolēma noteikt 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 šķīdumu, 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):



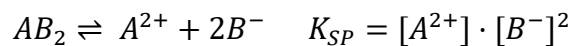
5. Kādēļ mainās potenciāls? (1 p.)

6. Izmanto potenciometriskās titrēšanas rezultātus un nosaki, kāds ir cianīdjonu saturs paraugā (izteikts kā KCN masas daļa)! (4 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 Agl šķīdību (mol/L), ja tā šķīdības konstante  $K_{SP} = 1,5 \cdot 10^{-16}$  (3 punkti)

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

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

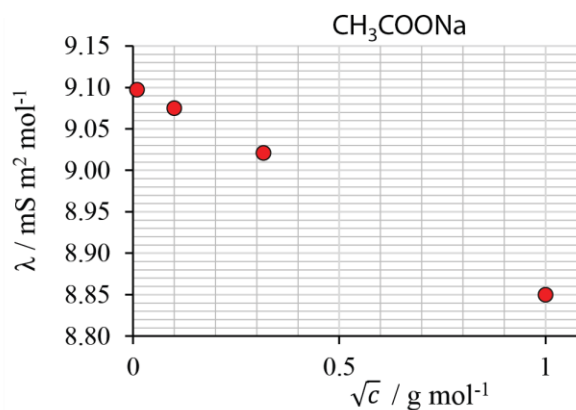
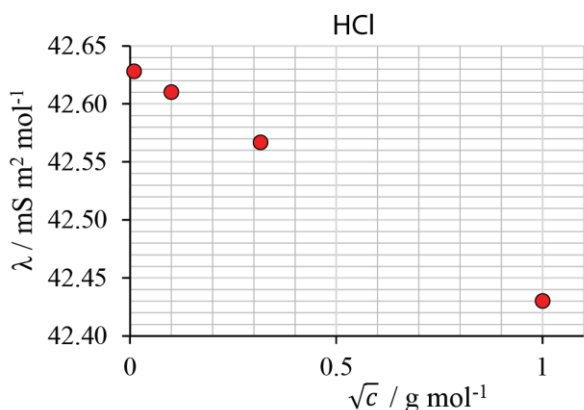
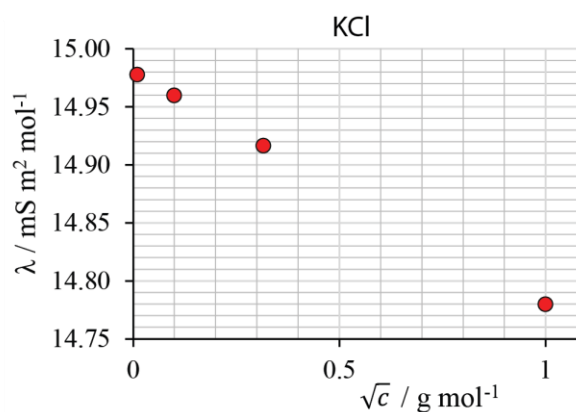
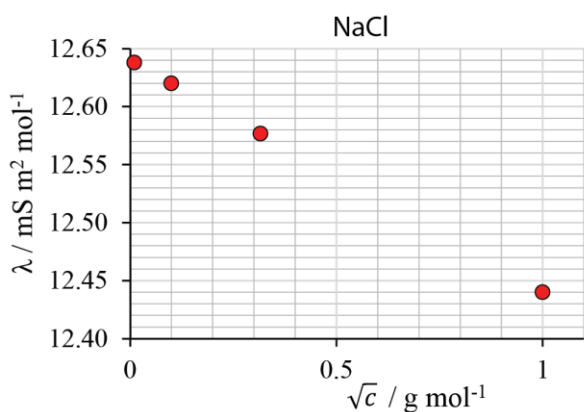
4. Aprēķini pH piesātinātam kalcija hidroksīda šķīdumam, ja tā šķīdības konstante  $K_{SP} = 5,02 \cdot 10^{-6}$ . (3 punkti)

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

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

Arī molārā elektrovadītspēja  $\lambda$  (un līdzīgi arī  $\lambda_+$  un  $\lambda_-$ ) 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  $\lambda_+^\infty$  un  $\lambda_-^\infty$ , kas ir jonu molārajā elektrovadītspēja tādā šķīdumā, kurā koncentrācija tiecas uz nulli.

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



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

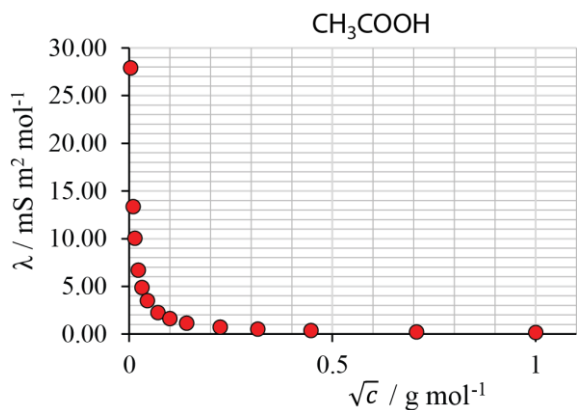
2. Nosaki, kāda ir katra katjona un katra anjona molārā elektrovadītspēja bezgalīgā atšķaidījumā, ja zināms, ka ūdeņraža jonam šis lielums ir septiņas reizes lielāks nekā nātrijam! (3 p.)

Vājiem elektrolītiem, savukārt,  $\lambda$  izteikti samazinās, palielinot koncentrāciju, jo savienojumu disociācijas pakāpe  $\alpha$  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  $\alpha$ , samazinās arī molārā elektrovadītspēja  $\lambda$ ? (1 p.)

4. Izmanto doto informāciju un uzraksti a) kāda ir disociācijas pakāpe bezgalīgā atšķaidījumā, un b) kāds vienādojums saista disociācijas pakāpi  $\alpha$ , vielas molāro elektrovadītspēju  $\lambda$  un vielas molāro elektrovadītspēju bezgalīgā atšķaidījumā  $\lambda^\infty$ . (2 p.)

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.)

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

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

**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.)

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

3. Uzzīmē **C** Lusīa struktūrformulu un nosaki tā telpisko formu!

(0,5 p.)

4. Kurš no elementiem ir oksidējies, bet kurš reducējies, veidojoties **E**?

(1 p.)

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.)

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

**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.)

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.)

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