

8.3.2.1./16/I/002

NACIONĀLA UN STARPTAUTISKA MĒROGA PASĀKUMU ĪSTENOŠANA IZGLĪTOJAMO
TALANTU ATTĪSTĪBAI

KĪMIJAS 63. OLIMPIĀDES

VALSTS POSMA 10. KLASES UZDEVUMU RISINĀJUMI UN VĒRTĒŠANAS KRITĒRIJI

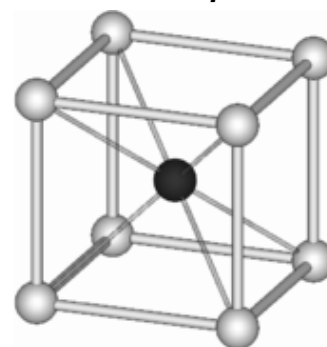
Kopā: 56 punkti

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 rādījumam ~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

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

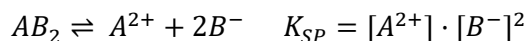
2 punkti par atbildi, kas izriet no iepriekšējo punktu norādītajām atbildēm, ja risinājums ir pareizs

2. uzdevums

Viss ir šķīstošs

10 punkti

Nešķīstošas vielas ir viegli pamanīt, jo tās ar ūdeni veido suspensiju. Taču pats koncepts kā tāds nav 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 $K_{SP} = 1,5 \cdot 10^{-16}$ (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.

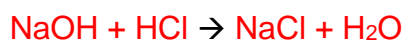
3. uzdevums

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.)

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

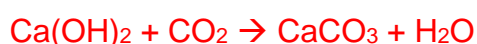
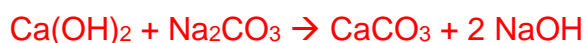
$V=0,100 \text{ L}$

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

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

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.)



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

Neatkarīgi no reakcijas, viss CaCO_3 veidojies no $\text{Ca}(\text{OH})_2$, līdz ar to

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

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

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

2 punkti par jebkuru korektu aprēķinu

4. uzdevums

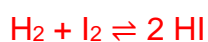
Viss ir līdzsvarā

9 punkti

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

1. Uzraksti norādīto līdzsvara reakciju.

(1p.)



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.)

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

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

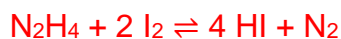
$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{1,98^2 \cdot c^2}{c^2 \cdot (1-0,99) \cdot (x-0,99)} = \frac{1,98^2}{0,01 \cdot (x-0,99)}$$

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

2 punkti par pareizu risinājumu

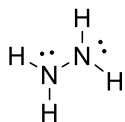
Jodūdeņraža sintēzē parasti gan ūdeņraža vietā tiek izmantots hidrazīns N_2H_4 . Šādā līdzsvara reakcijā veidojas vēl kāda gāze.

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

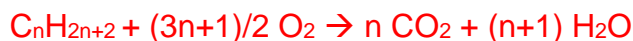
Organiskais pārsteigums

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.

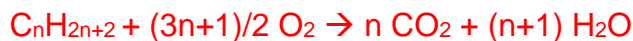
(1p.)

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

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.

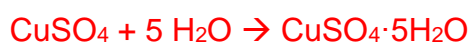
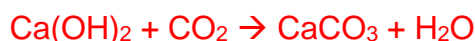
1 punkts par atbildi

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. Piedāvāriet 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.