

Valsts 57. ķīmijas olimpiādes uzdevumi 11. klasei

Kopā: 112 punkti

Maksimālais punktu skaits tiks reducēts uz 70 punktiem, reizinot ar koeficientu 0,625, lai panāktu 70% ieguldījumu kopējā Valsts 57. ķīmijas olimpiādes punktu skaitā (atlikušos būs 30% iespējams iegūt laboratorijas darbos 23. martā).

1. uzdevums

Ķīmisko pārvērtību tumšā puse

18 punkti

Zināms, ka automašīnu iekšdedzes dzinēji ir visai nozīmīgs siltumnīcas efekta gāzu avots (~13% no kopējā antropogēno faktoru radītā siltumnīcas efekta gāzu daudzuma).

No siltumnīcas efekta gāzēm automašīnu izplūdes gāzēs vislielākais saturs ir bezkrāsainai gāzei **A**, kas ir elementa **B** augstākās oksidēšanās pakāpes oksīds.

1. Kas ir gāze **A** un elements **B**?
2. Paskaidrojiet, kādēļ izplūdes gāzes ir tik daudz gāzes **A**? Dodiet ķīmisko reakciju vienādojumu (-s)!

Par kaitīgāku izplūdes gāzes tiek uzskatīts cits elementa **B** oksīds – gāze **C**, ko gan parasti nesauc par siltumnīcas efekta gāzi.

3. Kas ir gāze **C**?
4. Ar kādu procesu saistīta **C** rašanās? Uzrakstiet ķīmisko reakciju vienādojumus **C** iegūšanai no elementa **B**, kā arī **C** pārvēršanai par gāzi **A**. Norādiet reakcijas apstākļus!

Citas siltumnīcas efekta gāzes, kas sastopamas izplūdes gāzēs ir elementa **D** oksīdi **E** (bezkrāsaina gāze) un **F** (brūngana gāze ar asu raksturīgu smaržu)!

5. Kas ir elements **D** un gāzes **E** un **F**?
6. Uzrakstiet ķīmisko reakciju vienādojumus, kas ataino, kā **E** un **F** veidojas iekšdedzes dzinējos! Atzīmējiet reakcijas apstākļus, kas nodrošina to veidošanos!

Tiek novērots, ka dabā saules gaismā skābekļa klātienē **E** un **F** ir līdzsvarā, ko nodrošina tas, ka tās viena par otru pārvēršas ķīmiskajās reakcijās.

7. Uzrakstiet ķīmisko reakciju vienādojumus, kas ataino aprakstīto a) **E** pārvēršanos par **F** un a) **F** pārvēršanos par **E**. Norādiet reakcijas apstākļus!

Dīzeļa dzinējos bez minētajām gāzēm papildus izdalās arī asa bezkrāsaina gāze **G**.

8. Kas ir gāze **G**? Kādēļ tā rodas tikai dīzeļa dzinējos?

Gan gāzes **E** un **F**, gan gāze **G** dabā ķīmisko reakciju rezultātā ar gaisā esošām vielām **H** un **I** izraisa vēl vienu antropogēnu postošu dabas parādību.

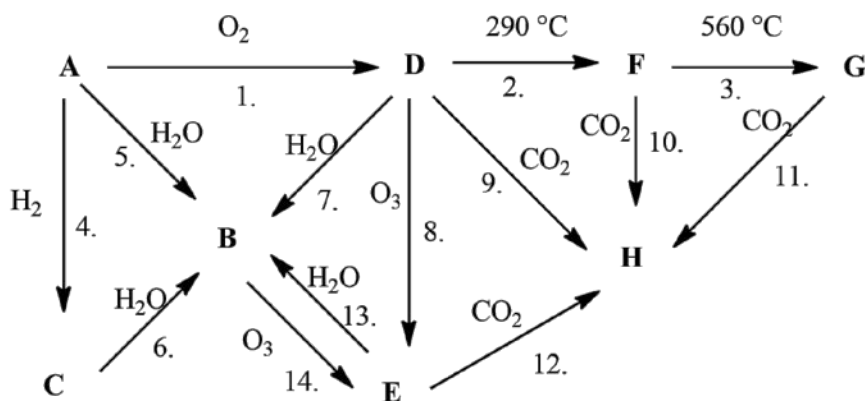
9. Kas ir **H** un **I**? Kas ir minētā dabas parādība?
10. Uzrakstiet aprakstīto ķīmisko reakciju vienādojumus!

2. uzdevums

Tik daudz reakciju, bet tik maz produktu...

18 punkti

Ar kādu metālu **A** iespējams veikt šādas ķīmiskās pārvērtības:



Zināms, ka šī metāla joni liesmu krāso violetā krāsā, kā arī tam ir zināmi 4 dažādi savienojumi ar skābekli (**D**, **F**, **G** un **E**), kur metāla **A** oksidēšanas pakāpe ir viena un tā pati.

1. Kas ir vielas **A** – **H**?
2. Uzrakstīt ķīmisko reakciju 1. – 14. reakciju vienādojums!
3. Uzrakstīt ķīmiskās reakcijas vienādojumu **C** reakcijai ar skābekli!
4. Uzrakstīt ķīmisko reakciju vienādojumus **D**, **F**, **G** un **E** reakcijai ar sālsskābi!

3. uzdevums

Zelta vidusceļš

21 punkts

Apskatīsim divas bināras ķīmiskas vielas **A** un **B**, kā arī bināru jonu **C**. Visiem šiem trim binārajiem savienojumiem ir kopīgs tas, ka to veidojošo elementu masas daļa katrā no savienojumiem ir 50,0%.

A ir gāzveida oksīds ar raksturīgu asu smaku. To iegūst, skābeklī sadedzinot ķīmisko elementu **D**. **A** oksidējot to var pārvērst citā **D** oksīdā **E**, kas istabās temperatūrā ir viskozs šķidrums. **E** reakcijā ar ūdeni iegūst stipru skābi **F**. **E** un **F** reakcijā savukārt iegūst gaisā kūpošu šķidru vielu **G**.

1. Kas ir viela **A**? Kas ir vielas **D** – **G**?
2. Kāds ir **G** nosaukums?
3. Attēlojiet **A** Luisa struktūrformulu! Kāda būs šīs molekulas telpiskā forma?

B ir tumši brūna cieta viela, viens no diviem metāla **H** savienojumiem ar elementu **D**. Dabā sastopams gan ir tikai otrs **H** un **D** savienojums **I**, kurā elementa **D** masas daļa ir 40,0%. **I** reakcijā ar ūdeņradi veidojas **H** un gāze ar nepatīkamu raksturīgu smaku **J**. Interesanti, ka **I** reakcijā ar skābekli tiek iegūts **H** oksīds **K**, kurā tā oksidēšanās pakāpe ir tāda, kā savienojumā **B**. Turpretī **I** reakcijā ar koncentrētu **F** rodas **H** oksīds **L** (kurā tā oksidēšanās pakāpe reakcijas laikā nav izmainījies), kā arī elements **D** un gāze **A**.

4. Kas ir viela **B**? Kas ir vielas **H** – **L**?
5. Uzrakstiet visu šajā rindkopā aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus!

Anjons **C** ir veidots no metāla **M** un nemetāla **N**, un faktiski tas ir kāda cita anjona **O** dimērs. Anjonā **O** metāla **M** masas daļa ir 42,9%. Vārot **O** ūdens šķīdumu notiek anjona sadalīšanās, un rodas metāla **M** hidroksīds, izdalās gāze **P** ar asu raksturīgu smaku, kas atkrāso fenolftaleīna ūdens šķīdumu, turklāt palikušais šķīdums reakcijā ar sudraba nitrātu veido baltas nogulsnes. Anjona **O** reakcijā ar diviem ekvivalentiem amonija hlorīda iespējams iegūt vienu no neitrāla kompleksā savienojuma **Q** izomēriem.

6. Kas ir anjons **C**? Kas ir savienojumi **M** – **Q**?

- Uzrakstiet visu šajā rindkopā aprakstīto pārvērtību ķīmisko reakciju vienādojumus!
- Attēlojiet **C** un **O** Luisa struktūrformulas! Kāda būs šo jonu telpiskā forma?
- Kādi ir divi iespējamie **Q** izomēri? Nosauciet un telpiski uzskatāmi uzzīmējiet tos!

4. uzdevums

Safety first!

22 punkti

Senāk automašīnu gaisa spilvenu straujo piepūšanos nodrošināja kādas ķīmiskas vielas **A** elektroniski inducēta sadalīšanās. **A** ir binārs savienojums, kas sastāv no sārnu metāla **B** un nemetāla **C**, kur **C** masas daļa procentos ir 64,6%.

- Kas ir savienojums **A** un elementi **B** un **C**? Uzrakstiet **A** sadalīšanās ķīmiskās reakcijas vienādojumu!

Ja gaisa spilvenos tika lietota **A**, tajos bija jāiepilda arī kāda cita ķīmiskā viela. Viens no variantiem bija silīcija dioksīda pievienošana.

- Uzrakstiet ķīmiskās(-o) reakcijas(-u) vienādojumu(-s), kas apraksta iespējamās ķīmiskās pārvērtības, kas noris, ja reakcijā(-s) iespējams iesaistīties arī ūdenim!
- Kādēļ nepieciešama silīcija dioksīda pievienošana?

A rūpniecībā iegūst divu stadiju sintēzes procesā. Pirmajā solī tiek veikta **B** reakcija ar gāzi **D**, kas ir elementa **C** vispopulārākais savienojums ar ūdeņradi, iegūstot vielu **E**. Pēc tam **E** reakcijā ar gāzi **F**, kas ir elementa **C** oksīds ar zemāko oksidēšanās pakāpi, iegūst vielu **A**.

- Kas ir vielas **D** – **F**? Uzrakstiet aprakstītās sintēzes metodes ķīmisko reakciju vienādojumus!

A ūdenī disociē, izveidojot vājas skābes **G** anjonu **H**, turklāt šādā šķīdumā novērojama nepilnīga šīs skābes veidošanās hidrolīzē. Skābi **G** var iegūt, **A** reakcijā ar stiprām skābēm.

- Kāda ir skābes **G** un tās anjona **H** formula? Kā sauc šīs skābes sāļus?
- Attēlojiet anjona **H** Luisa struktūrformulu! Uzrakstiet iespējamās rezonanses struktūras!
- Attēlojiet skābes **G** Luisa struktūrformulu! Uzrakstiet iespējamās rezonanses struktūras!

5. uzdevums

Kā sasildīties vēsā ziemas vakarā?

18 punkti

Kalorimetrija ir metode, ar kuru iespējams noteikt dažādu procesu siltumefektus vai vielu siltumkapacitātes. Kā viens no visai plaši nosakāmiem kalorimetriskiem lielumiem ir vielu šķīšanas siltums. Tā noteikšanai iespējams izmantot pavisam vienkāršu kalorimetru, kas sastāv no izolējoša trauka, kas pildīts ar ūdeni, maisītāja, kā arī termometra. Šādā traukā ieberot vielu un tās šķīšanas laikā mērot temperatūras izmaiņas šķīdumā, iespējams noteikt molāro šķīšanas siltumu – siltuma daudzumu, kas izdalās vai tiek patērēts, izšķīdinot 1 molu vielas. Papildus gan parasti jāņem vērā, ka precīzu mērījumu veikšanai nepieciešams noteikt arī paša kalorimetra siltumkapacitāti, jo siltuma daudzums tiek patērēts vai izdalīts arī uzsildot vai atdzesējot paša kalorimetra sastāvdaļas. Šajā uzdevumā pieņemiet, ka visu šķīdumu īpatnējā siltumkapacitāte ir vienāda ar ūdens siltumkapacitāti, kas ir $4,186 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Lai noteiktu kalorimetra siltumkapacitāti, studente Ilva tajā ielēja 100,0 g ūdens, un pievienoja 2,000 g nātrija nitrāta, kura šķīšanas siltums ir $+20,50 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Šajā eksperimentā šķīduma temperatūra pazeminājās par $1,010 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Aprēķiniet eksperimentā izmantotā kalorimetra siltumkapacitāti!

Tālāk Ilva vēlējās noteikt nātrija hidroksīda šķīšanas siltumu. Šim mērķim viņa kalorimetrā ielēja 100,0 g ūdens, un pievienoja 2,000 g nātrija hidroksīda. Šajā eksperimentā šķīduma temperatūra paaugstinājās par $4,660 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Aprēķiniet nātrija hidroksīda šķīšanas siltumu!
- Kādēļ vienā no eksperimentiem temperatūra pazeminājās, bet otrā paaugstinājās? Kā to skaidrot saistībā ar vielu uzbūvi un šķīšanas laikā notiekošajām pārvērtībām?

Profesors Jānis nolēma Ilvas darbu sarežģīt, un nākamajā eksperimentā lika kalorimetrā iepildīt nevis ūdeni, bet 0,5 M sālskābes šķīdumu. Šādā eksperimentā pēc 2,000 g nātrija hidroksīda pievienošanas šķīduma temperatūra paaugstinājās par 10,700 °C.

4. Izskaidrojiet, kādēļ temperatūras izmaiņas bija atšķirīgas no iepriekšējā eksperimenta?
5. Kāda cita procesa siltumefektu bez šķīšanas siltuma jūs varat aprēķināt no šiem datiem? Aprēķiniet to!
6. Vai šis aprēķinātais otrs siltumefekts ir specifisks (derīgs tikai apskatītajai ķīmiskajai sistēmai) vai vispārlietojams (derīgs plašākai ķīmisko pārvērtību grupai)? Paskaidrojiet!

6. uzdevums

Katalizatora sintēze

15 punkti

11. klases skolnieces Ilze un Ilva izdomāja rakstīt zinātniski pētniecisko darbu par katalizatoriem. Meklējot informāciju par ķīmisko reakciju norisi teorijas apskatam, Ilze sastapās ar iepriekš nezināmo aktivācijas enerģijas jēdzienu.

1. Kas ir katalizators?
2. Kas ir aktivācijas enerģija?

Vēl viņa noskaidroja, ka ir ērti attēlot ķīmiskas reakcijas ar enerģētiskajām diagrammām, kur Ox ass ir reakcijas gaita, bet Oy – sistēmas enerģija.

3. Uzzīmējiet vispārīgo enerģētisko diagrammu endotermiskajai reakcijai; grafiski attēlojiet aktivācijas enerģiju un reakcijas siltumefektu.

Izlasot informāciju, ko bija atradusi Ilze, Ilva uzreiz nesaprata, kāpēc darbā par katalizatoriem jāapskata sistēmas enerģija reakcijas gaitā.

4. Uzrakstiet atbildi uz augstāk minēto jautājumu; uzzīmējiet vienas un tas pašas reakcijas vispārīgo enerģētisko diagrammu reakcijai ar un bez katalizatora (vienā koordināšu sistēmā).

Eksperimentālajā daļā meitenes sintezēja Adkinsa katalizatoru, kura ķīmiskā formula ir $A_2Cr_2O_5$, kur **A** ir nezināms metāls. Ilze un Ilva izšķīdināja 0,1 molu metāla **A** nitrāta un 15,21g amonija hromāta ūdenī, pievienoja 16,7 g amonjaka ūdens šķīduma un maisīja līdz izveidojas 0,1 mol sarkanbrūnas dubultsāļa **B** nogulsnes ar **A** masas daļu 29,61% un sāls **C**. Izkaršējot iegūtas nogulsnes 400°C temperatūrā, oksidēšanas-reducēšanas reakcijas beigās skolnieces ieguva 11,63g katalizatora.

5. Uzrakstiet **A**, **B**, **C** ķīmiskās formulas un **A**, **B**, **C** un sintezētā katalizatora IUPAC nosaukumus. Atbildi pamatojiet ar aprēķiniem.
6. Uzrakstīt notikušo reakciju vienādojumus; reakcijai šķīdumā uzrakstīt molekulāro un saīsināto jonu vienādojumu, oksidēšanas-reducēšanas reakcijai – molekulāro vienādojumu un jonu-elektronu bilanci.
7. Kāds ir reakcijas iznākums? Atbildi pamatojiet ar aprēķiniem.
8. Ar kādiem 2 reaģentiem var aizvietot amonija hromātu, lai reaģentu maiņa neietekmētu sintēzes produkta tīrību? Paskaidrojiet atbildi.